

К подбору оптимальной металлической фермы для односкатной крыши

И. Л. Шипелев

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В статье рассматривается подбор металлических ферм на основе определенных исходных данных для односкатных крыш. Определены максимальные усилия и прогибы в каждой из ферм. На основании анализа напряженно-деформированного состояния ферм, сделан вывод, о выборе наиболее оптимальной по конструктивным соображениям фермы. Даны рекомендации для проектирования несущих конструкций крыш по металлическим фермам при данном типе односкатной конструкции крыши.

Ключевые слова: Ферма, усилие, проектирование, прогиб, крыша, нагрузка, статический расчет, перемещения, трапециевидная ферма, ферма Молодечно.

Рассмотрим один из распространенных случаев при проектировании и конструировании стальных ферм. Требуется подобрать ферму относительно небольшого пролета под покрытие с небольшим уклоном α . Она должна быть максимально компактная и занимать небольшое пространство в верхнем ярусе несущих конструкций покрытия [1, 2]. Рассматривать иные конструктивные решения в виде металлических балок не будем. От балок отказываемся в силу более легкой совокупной массы конструкций металлической фермы [3, 4]. В итоге сравним 3 вида различных ферм, основываясь на исходных данных. Первый вид фермы рождается сам по себе, рассчитанный на такие случаи для проектирования (рис. 1).

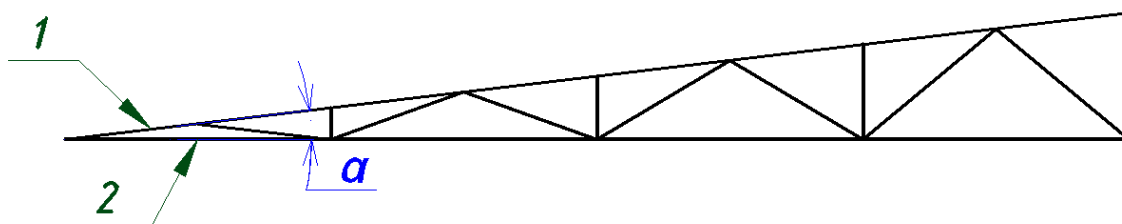


Рис. 1. Общий вид треугольной односкатной фермы.

Примем в расчет данную треугольную ферму с дополнительными стойками для восприятия локальных нагрузок от возможных прогонов покрытия, в случае, если шаг прогонов будет недостаточен [5, 6].

Основная проблема такой фермы заключается в том, что усилия в крайних элементах опорных верхнего (рис. 1. обозн. 1, 2.) и нижнего поясов будут иметь огромные осевые значения при малых углах α . Предположим, что нагрузка на верхний пояс будет равномерно распределена, приложена к узлам фермы и равна $\sum P=2$ т. Найдем эти усилия (рис. 2.):

$$R = \sum P / 2 = 1 \text{ т}$$

$$N_1 = R / \sin \alpha \text{ и } N_2 = R / \operatorname{tg} \alpha$$

При $\alpha \rightarrow 0$, $\sin \alpha \rightarrow 0$ и $\operatorname{tg} \alpha \rightarrow 0$.

Рассмотрим $\alpha = 6$ град. Тогда: $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx 0.1$

$$N_1 = R / \sin \alpha \approx 10 \text{ т. } N_2 = R / \operatorname{tg} \alpha \approx 10 \text{ т.}$$

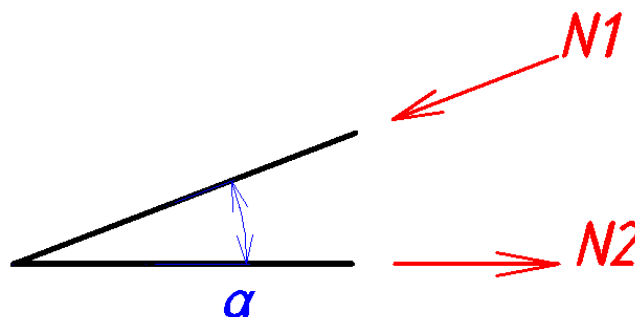


Рис. 2. К определению усилий.

Получаем что при суммарной нагрузке на верхний пояс фермы в 2 тонны, при угле $\alpha = 6$ град, значения осевых усилий в верхнем поясе и нижнем поясе первой панели фермы приблизительно составляют 10 тонн. Так как сечения металлической фермы подбираются, исходя из наибольшего значения усилий, то верхний и нижний пояса таких ферм будут одного сечения по всей ферме [7]. Коэффициент использования материала,

соответственно, будет достаточно низким. Перерасход стали при изготовлении таких ферм очевиден.

Но, в данном случае, это не одна проблема при таких исходных данных. Стоит отметить и очень большой прогиб фермы в левой части фермы.

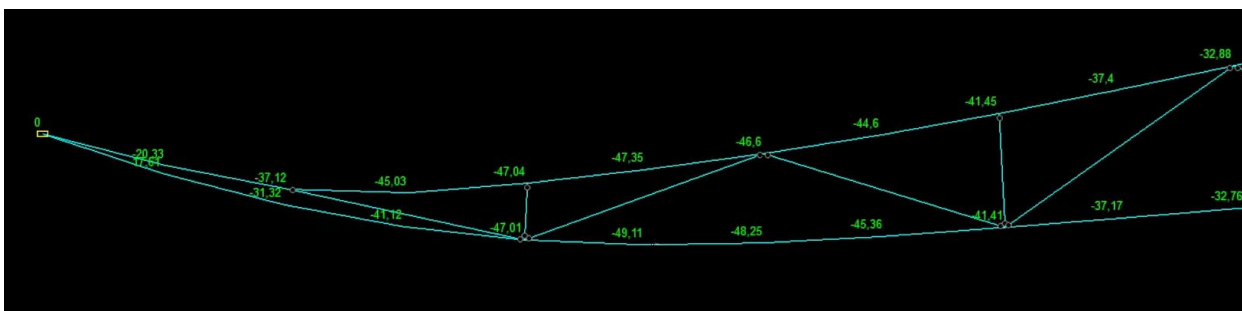


Рис. 3 Схема деформированной модели треугольной фермы

Как альтернативы вышеуказанной ферме, рассмотрим еще два варианта металлических ферм. При этом, подчеркнем, нам необходимо соблюсти первоначальные геометрические условия — это угол наклона верхнего пояса фермы α , и ее пролет l . Далее проведем анализ еще двух ферм, это трапециевидную и ферму типа «Молодечно» (рис.4).

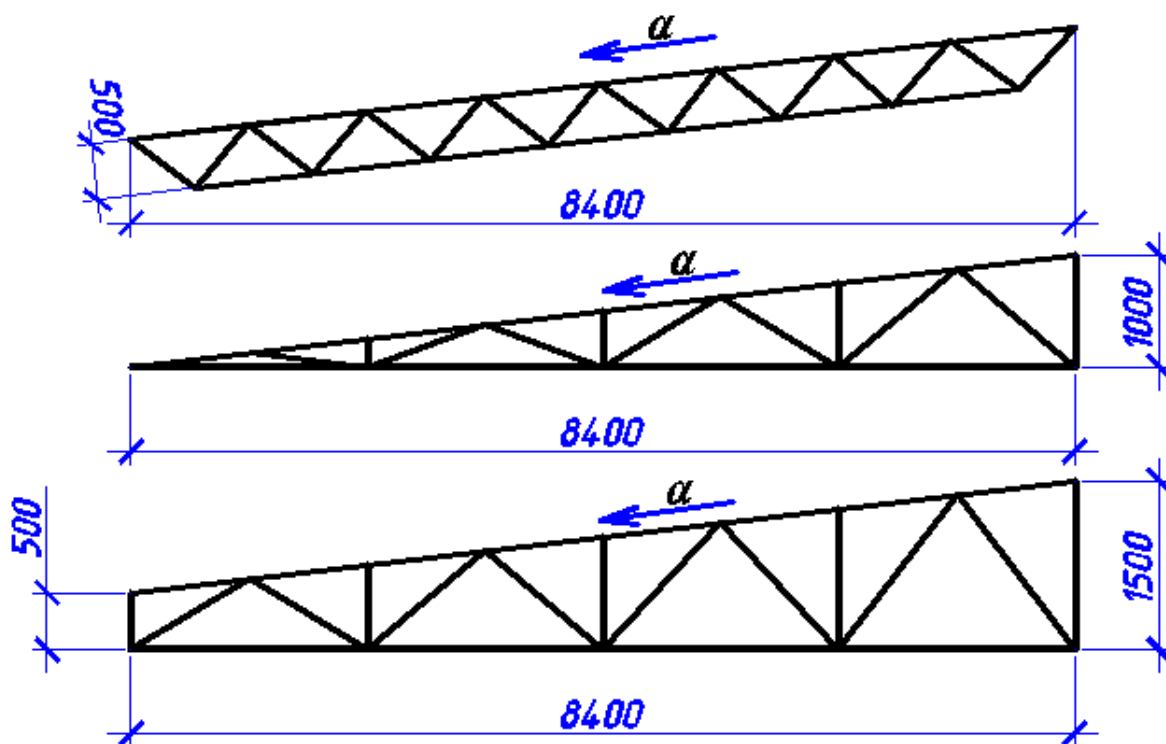


Рис. 4. К сравнению вариантов ферм

Проанализируем результаты статического расчета [8] (рис. 5, рис. 6).

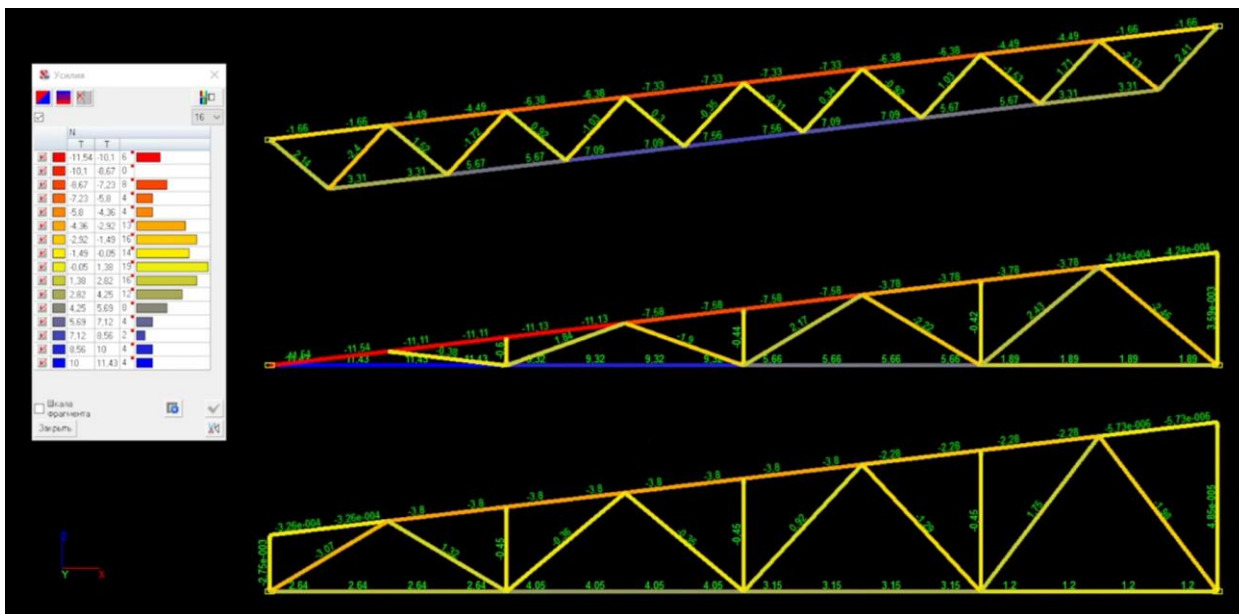


Рис. 5. Усилия в стержнях фермы по результатам расчета (в тоннах)

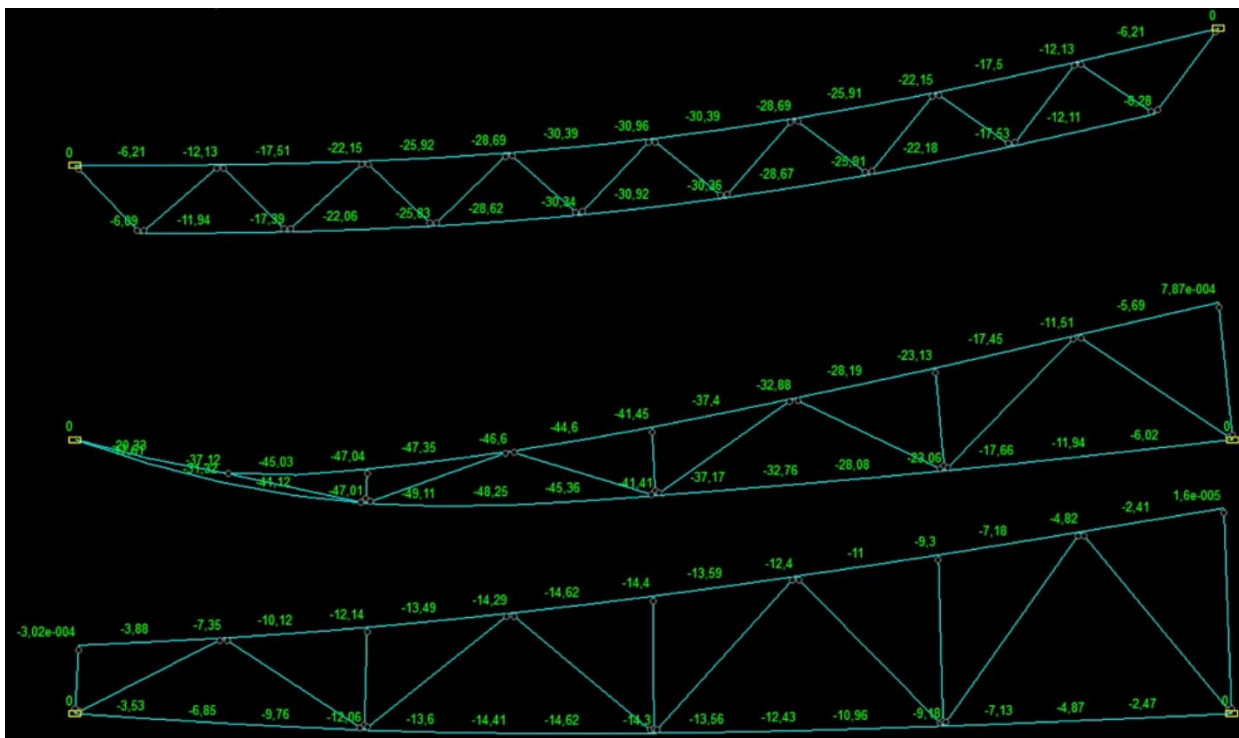


Рис. 6. Перемещения узлов фермы (в мм).

По результатам статического расчета ферм видно, что усилия и прогибы в треугольной ферме (при одинаковом нагружении и пролете) значительно превышают значения трапециевидной фермы и фермы типа «Молодечно». Максимальный прогиб треугольной фермы превышает максимальный прогиб трапециевидной фермы практически в 4 раза [9].

Заключение. Таким образом, для подбора оптимальной металлической фермы при определенных условиях объемно-планировочных решений здания или сооружения, зачастую необходимо сравнивать и анализировать работу нескольких ферм [10]. Следует отметить, что в статье не приведен конструктивный расчет ферм, где картина по массе и профилям, из которых состоят фермы, еще интереснее. Перерасход стали так же необходимо учитывать, в совокупности со статическим расчетам.

Литература

1. Кузнецов В.В. Справочник проектировщика: металлические конструкции. Т. 2: Стальные конструкции зданий и сооружений. М.: Изд-во АСВ, 1998. 512 с.
2. Беленя Е.И. Металлические конструкции: общий курс. М.: Стройиздат, 1986. 560 с.
3. Мельников Н.П. Справочник проектировщика: металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1980. 776 с.
4. Должиков В.Н., Должиков А.В. Исследование влияния податливости соединений на напряженно-деформированное состояние стержневых конструкций с внутренней статической неопределимостью // Современные наукоемкие технологии. 2009, № 10. С. 49-50.
5. Fu G., Frangopol D. Balancing weight, system reliability and redundancy in a multiobjective optimization framework // Structural Safety. –1990. – № 7 (2–4). – pp. 165–175.

6. Тишков Н.Л., Шипелев И.Л., Белов А.В. Оценка несущей способности металлической фермы: анализ результатов проведенных натурных испытаний // Инженерный вестник Дона. 2020. № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6340.
7. Кирсанов М.Н. Аналитический расчет прогиба балочной фермы с двойными раскосами // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 2. С. 105–111.
8. Sidney M. Levy Construction Calculations Manual, 2012. 160 p.
9. Линьков Н.В. Расчет деформативности конструкции стальной фермы с учетом выделенной доли длительности нагрузки // Инженерный вестник Дона. 2023. № 1. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8143.
10. Зубов, А. П., Олейник М.М. Вариантное проектирование решетчатых крановых конструкций с целью получения оптимального решения, исходя из условий эксплуатации и нагружения // Вестник СГТУ. — Саратов: 2013. — С. 120-123.

References

1. Kuznecov V.V. Spravochnik proektirovshhika: metallicheskie konstrukcii. T. 2: Stal'nye konstrukcii zdaniy i sooruzhenij. [Designer's Handbook: metal structures. Vol. 2: Steel structures of buildings and structures].M: Izd-vo ACB, 1998. P. 512.
 2. Belenja E.I. Metallicheskie konstrukcii: obshhij kurs. [Metal structures: general course]. M.: Strojizdat, 1986. P. 560.
 3. Mel'nikov N.P. Spravochnik proektirovshhika: metallicheskie konstrukcii. [Designer's Handbook: Metal Structures]. M.: Strojizdat, 1980. P. 776.
 4. Dolzhikov V.N., Dolzhikov A.V. Sovremenny`e naukoemkie tehnologii. 2009, № 10. pp. 49-50.
 5. Fu G., Frangopol D. Structural Safety.1990. № 7 (2–4). pp. 165–175.
-



6. Tishkov N.L., Shipelev I.L., Belov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6340
7. Kirsanov M.N. Stroitel'naya mexanika inzhenerny`x konstrukcij i sooruzhenij, 2018. T. 14. № 2. pp. 105–111.
8. Sidney M. Levy Construction Calculations Manual, 2012. 160 p.
9. Lin'kov N.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2023/8143.
10. Zubov, A. P., Olejnik M.M. Vestnik SGTU. Saratov: 2013. pp. 120-123.