

## Стандартизированные ферменные конструкции с уклоном 10% пролетами 24, 30, 36 метров

М.Ю. Барановский<sup>1</sup>, В.А. Тарасов<sup>2</sup>

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 69.07

Научная статья

### История

Подана в редакцию 11 июня 2014  
Принята 1 июля 2014

### Ключевые слова

ферменные конструкции;  
стандартизация;  
большепролетные фермы;  
кровельные конструкции

### АННОТАЦИЯ



Стандартизация и унификация элементов, конструкций, проектных решений является одним из основных способов снижения трудоёмкости и стоимости проектирования в целом.

В данной статье были разработаны стандартные конструкции ферм покрытия с уклоном 10% для пролетов 24, 30, 36 метров для разных комбинаций нагрузок.

Расчёт усилий и подбор сечений элементов ферм был произведён в программном комплексе SCAD Office. Далее была выявлена зависимость между толщиной стенок поясов, пролетом и нагрузкой и исследованы рамки применения различных типоразмеров принятого узла

соединения секций по нижнему поясу.

Спроектированная серия ферменных конструкций с уклоном 10% пролетами 24, 30, 36 метров охватывает диапазон погонных нагрузок от 1,3 т/м до 3,3 т/м. В сравнении с аналогичными фермами серии Молодечно, имеет меньшую металлоёмкость за счет уменьшения сечения верхнего пояса вследствие введения стоек. Перевозка 12-метровой боковой секции попадает в категорию габаритных.

### Содержание

1.	Введение	93
2.	Обзор иностранной и отечественной литературы	93
3.	Постановка задачи	94
4.	Описание исследования	94
5.	Выводы	101

1

Контактный автор:

+7 (921) 407 7354, [bm\\_y@mail.ru](mailto:bm_y@mail.ru) (Барановский Михаил Юрьевич, бакалавр)

2

+7 (952) 201 0537, [vтарасов3766@yandex.ru](mailto:vтарасов3766@yandex.ru) (Тарасов Владимир Александрович, бакалавр)

## 1. Введение

Стандартизация и унификация существенно влияет на темпы развития и уровень производства. Способствует повышению операционной скорости предприятия. Набор стандартных решений служит справочной базой при предварительном анализе стоимости проекта для заказчика, на основе серий формируются инструменты для автоматизации моделирования и получения чертежей. Поэтому стандартизация и унификация всегда актуальны.

**«Стандартизация — это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определённой области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении функциональных условий и требований техники безопасности» [1]**

Унификация и модулирование геометрических размеров в случае ферм позволяет стандартизировать как сами фермы, так и примыкающие к ним элементы (прогоны, связи и т. д.). Это приводит к сокращению числа типоразмеров деталей и дает возможность при массовом изготовлении конструкций применять специализированное оборудование и перейти на поточное производство.

Разработка альбома стандартизированных ферменных конструкций в рамках конкретного предприятия происходит на основе имеющегося оборудования и производственных мощностей, внутреннего сортамента металлопроката, требований к транспортировке. Учитывается статистика по наиболее часто встречающимся конструктивным решениям, таким как пролеты, шаги ферм и условия их работы.

В результате учета данных требований сужаются рамки стандартизации, что позволяет добиться наиболее качественной оптимизации процесса проектирования и производства.

## 2. Обзор иностранной и отечественной литературы

Наиболее широко известный пример стандартизации ферменных конструкций – серия «Стальные конструкции покрытий производственных зданий из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения пролетом 18, 24 и 30 м с уклоном 10%», разработанная в 1999 году институтом ОАО ПИ Ленпроектстальконструкция. (Далее – «Молодечно»). Характерными её особенностями, важными для нашего поиска являются следующие параметры: в серии представлены бесстоечные фермы пролетом 18, 24 и 30 метров. Шаг прогонов – 3 метра. Фермы имеют высоту у колонны 1200 мм, а максимальная высота 12-метровой секции равна 2400 мм без учета выступающих элементов, соединения по верхнему и нижнему поясу – фланцевые. В серии «Молодечно» использованы прямоугольные сечения 180x140 мм для верхнего пояса и 140x140 мм – для нижнего.

Принципы расчёта металлических ферм доступно и понятно излагаются в учебных материалах, в том числе преподавателей СПбПУ [2, 8, 10, 17, 18].

Важность и необходимость унификации проектных решений для оптимизации проектирования в строительстве, в связи с высоким уровнем конкуренции на строительном рынке, наглядно представлена в источниках [3, 6, 7, 11, 12, 13, 15, 16].

В наши дни, при всеобщей компьютеризации, целесообразно рассчитывать конструкции в современных программных комплексах. В данном исследовании расчеты были произведены с использованием ПК «Scad Office». Принципы моделирования и расчёта в данном комплексе приведены в официальной литературе разработчиков ПК «Scad Office» [20], и другой литературе [19, 21, 22, 23]. Проанализировать правильность результатов расчёта в большой степени помогла литература преподавателей кафедры «Строительной механики и строительных конструкций», СПбПУ [9].

Хотя результаты данной статьи не могут быть распространены на конструкции ЛСТК, в статьях преподавателей СПбПУ [4, 5] имеются интересные решения по расчету металлических конструкций, а также по устройству кровельных покрытий.

### 3. Постановка задачи

Целью исследования является разработка стандартных конструкций ферм покрытия с уклоном 10% для пролетов 24, 30, 36 метров для разных комбинаций нагрузок. Были введены требования, такие как:

1. Разработка серии должна происходить с учетом конструктивных, технологических особенностей производства, заводских ограничений и имеющегося сортамента металлопроката.
2. Отдельные секции должны быть унифицированы для использования в ферменных конструкциях разного пролета.
3. 24-х метровая ферма должна быть спроектирована таким образом, чтобы её перевозка на место строительства не попадала в категорию негабаритных, в связи с этим, ограничение по максимальной высоте 12-метровой секции установлено в пределах 2,5 метров.

### 4. Описание исследования

Общая проверка конструкций с учетом раскреплений была произведена в программном комплексе SCAD Office для ферм с покрытием по прогонам, соответственно, на узловые нагрузки.

Учитывались:

- Снеговая нагрузка для разных снеговых районов,
- Постоянная нагрузка от веса покрытия (профилированный лист по прогонам),
- Технологическая расчетная нагрузка принята равной  $30 \text{ кг/м}^2$ , её эквивалент приложен к узлам нижнего пояса ферм. Шаг ферм принят равным 6 метров.

Расчётная схема 24-х метровой фермы представлена на рисунке 1.

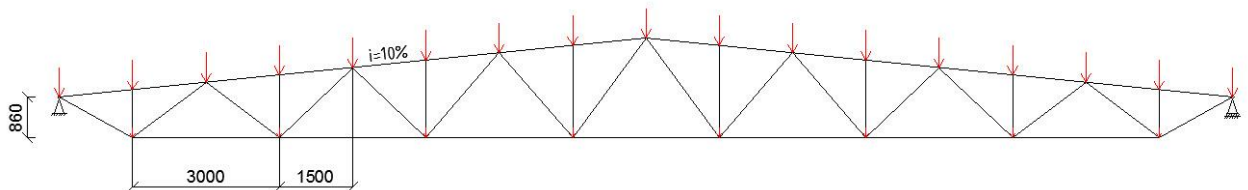


Рисунок 1. Расчетная схема 24-х метровой фермы

Проведённое исследование можно условно разделить на 3 этапа:

- 1) На первом этапе исследования было произведено определение оптимальных габаритов сечений верхнего и нижнего поясов.

С учетом статистики наиболее часто встречающихся случаев, были установлены границы диапазона использования фермы пролетом 36 м от II до IV снегового района. С учетом постоянной нагрузки от собственного веса кровли, а также технологической нагрузки, были получены значения распределенной нагрузки от 1,3 т/м до 2,1 т/м.

Произведем расчет 36 метровой фермы на максимальную нагрузку принятого диапазона.

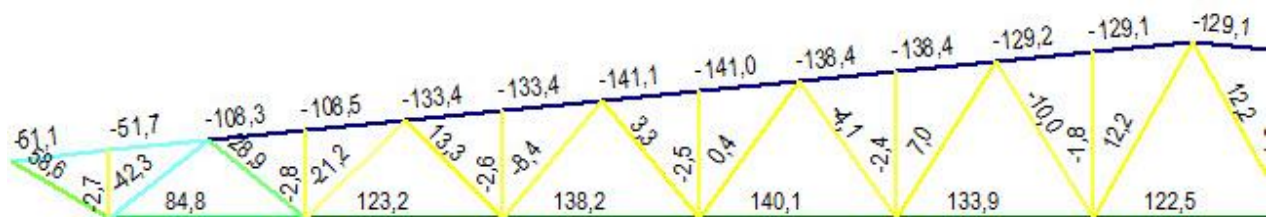


Рисунок 2. Усилия в элементах фермы пролетом 36 метров при нагрузке 2,1 т/м

Разница между усилиями в верхнем поясе (далее – ВП) и нижнем поясе (далее - НП) незначительна (рисунок 2), поэтому целесообразно принять общие габариты сечения. Примем сечение 140x140x8 мм.

В результате расчета в программном комплексе SCAD Office получаем, что принятое ранее сечение удовлетворяет возникающим в поясах усилиям.

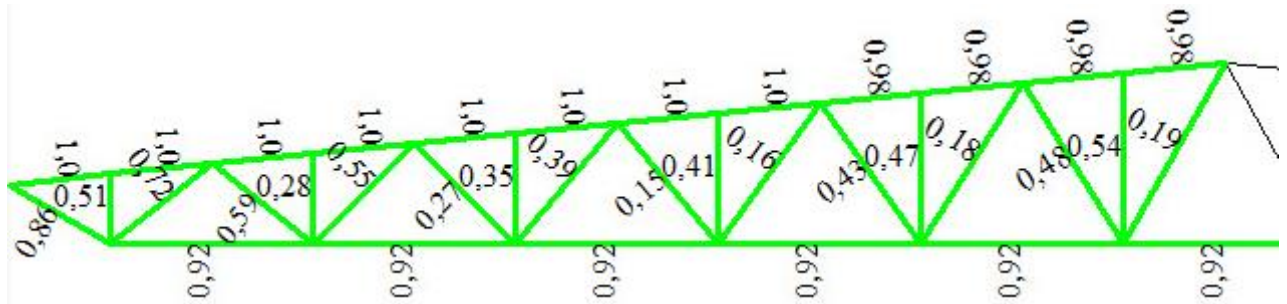


Рисунок 3. Коэффициенты использования элементов фермы пролетом 36 метров при нагрузке 2,1 т/м

Критический фактор для ВП – прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики, для НП - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики.

Произведем расчет 36-метровой фермы на минимальную нагрузку принятого диапазона – 1,3т/м.

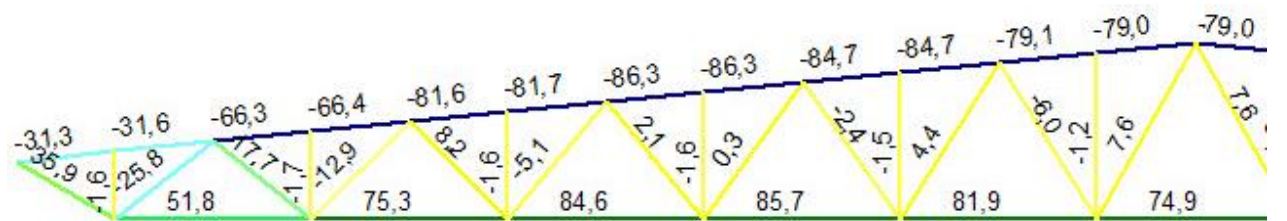


Рисунок 4. Усилия в элементах фермы пролетом 36 метров при нагрузке 1,3 т/м

Разница в усилиях в поясах фермы также незначительна (Рисунок 4), принимаем сечение верхнего и нижнего поясов 140x5.

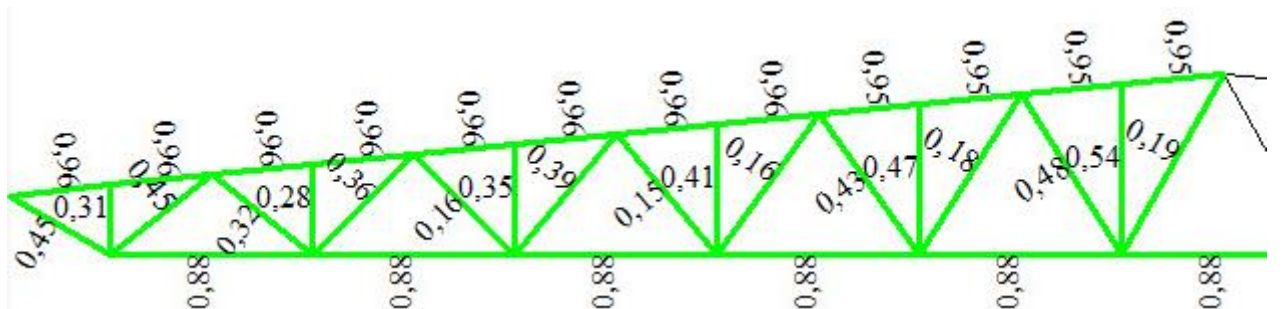


Рисунок 5. Коэффициенты использования элементов фермы пролетом 36 метров при нагрузке 1,3 т/м

Критический фактор для ВП – устойчивости при сжатии с изгибом в 2-х плоскостях, для НП - прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов с учетом пластики.

Установка стоек сокращает расчетную длину вдвое и позволяет уменьшить сечение ВП по сравнению с [1] и принять его равным 140x140xt, где t-толщина стенки профиля, зависит от погонной нагрузки и пролета фермы.

В заданном диапазоне нагрузок от 1,3 т/м до 2,1 т/м для фермы пролетом 36 метров выбранное сечение 140x140xt для верхнего и нижнего поясов является оптимальным по металлоёмкости и несущей способности.

Сечения раскосов (далее - Р) и стоек (далее - С) принимаем по конструктивным соображениям. Схема расположения элементов фермы представлена на рисунке 6. Принятые сечения элементов поясов и решетки фермы занесены в таблицу 1.



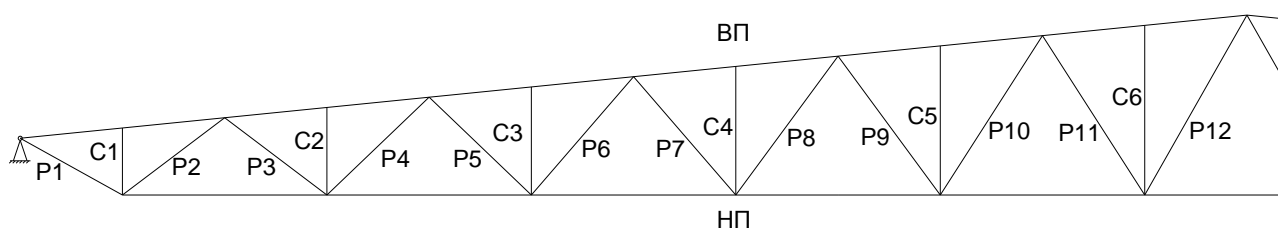


Рисунок 6. Схема расположения элементов половины фермы пролетом 36 метров

Таблица 1. Сечения элементов ферм

Сортамент	ВП	НП	P1-P4	P5-P12	C1-C6
Квадратные трубы по ГОСТ 30245-94	140x4	140x4	120x4	100x4	80x4

- 2) На втором этапе было проведено исследование зависимости между толщиной стенок поясов, пролетом и нагрузкой.

Для выявления данной зависимости произведен расчет несущей способности ферм с различными толщинами сечений верхнего и нижнего поясов и различными пролетами ферм с помощью SCAD, результат сведен в таблицу 2.

Таблица 2. Предельные нагрузки

Пролет	Постоянная нагрузка	Технологическая нагрузка	Снеговой район	Снеговая нагрузка	Произвольная нагрузка	Нагрузка	Сечение ВП	Сечение НП	Усилие в соединении НП
				кг/м <sup>2</sup>	кг/м <sup>2</sup>				
24	70	30	IV	240	43	2,3	140x5	140x5	78,3
				240	60	2,4	140x6	140x5	81,9
				320	30	2,7	140x6	140x6	92,6
				320	63	2,9	140x7	140x6	99,6
				400	50	3,3	140x8	140x7	113,9
30			III	120	30	1,5	140x5	140x5	73,7
				180	-	1,7	140x6	140x5	83,1
				240	10	2,1	140x7	140x6	105,1
				240	43	2,3	140x8	140x7	115,6
36			III	120	-	1,3	140x5	140x5	85,7
	180	-		1,7	140x7	140x6	110,8		
	180	37		1,9	140x8	140x7	124,8		
	240	10		2,1	140x8	140x8	140,2		

Толщина стенок поясов напрямую зависит от нагрузки и пролёта ферм: при увеличении нагрузки или пролёта фермы, требуемая толщина стенок сечений поясов растёт. (таблица 2). Составляем таблицу 3, содержащую приведенный вес ферм, в зависимости от предельной погонной нагрузки. По таблице 3 строим графики (рисунки 7,8,9).

Таблица 3. Приведенный вес ферм

Пролет	Предельная погонная нагрузка	Приведенный вес	Общий вес конструкций ферм
м	кг/м	кг/м.кв.	кг
24	2,3	10,42	1501
	2,4	11,07	1594
	2,7	11,93	1718
	2,9	12,51	1801
	3,3	13,61	1960
30	1,5	10,9	1968
	1,7	11,6	2084
	2,1	12,7	2290
	2,3	13,8	2489
36	1,3	11,1	2400
	1,4	11,8	2540
	1,7	12,9	2790
	1,9	14	3031
	2,1	14,6	3147

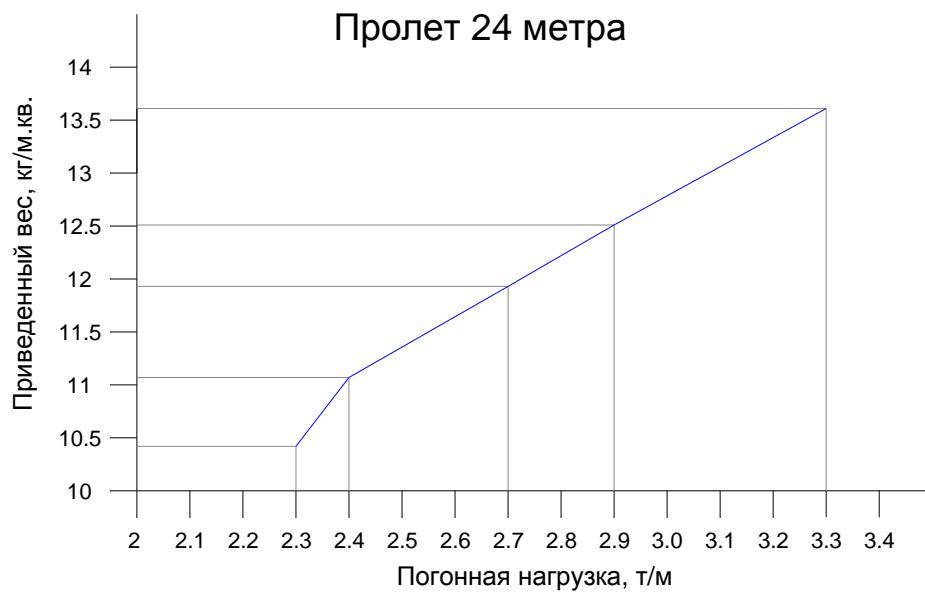


Рисунок 7. Зависимость металлоёмкости ферм от нагрузки для пролета 24 метра

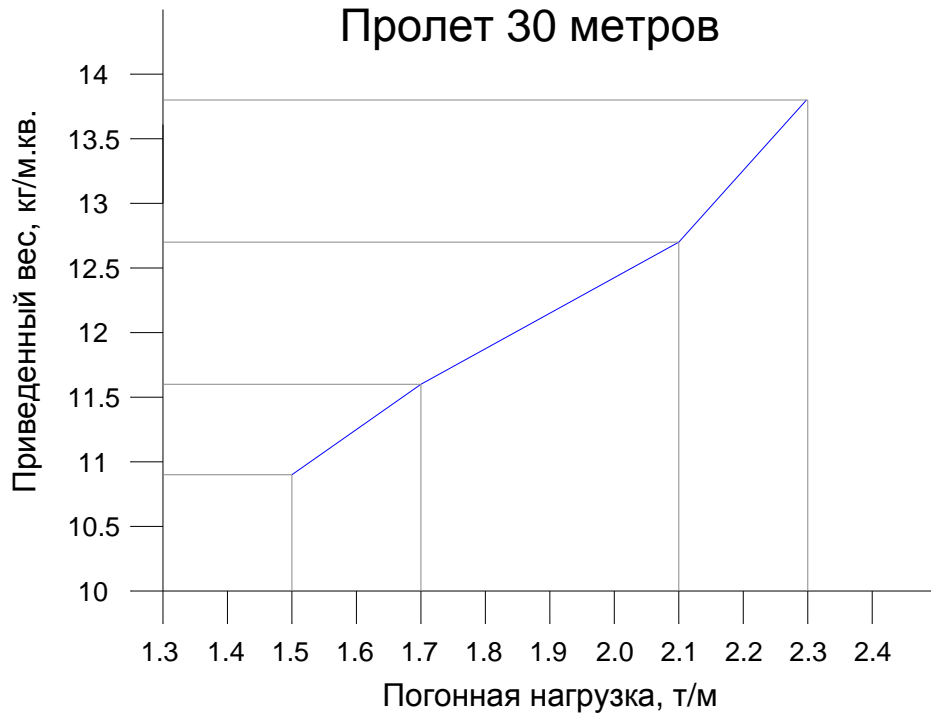


Рисунок 8. Зависимость металлоёмкости ферм от нагрузки для пролета 30 метров

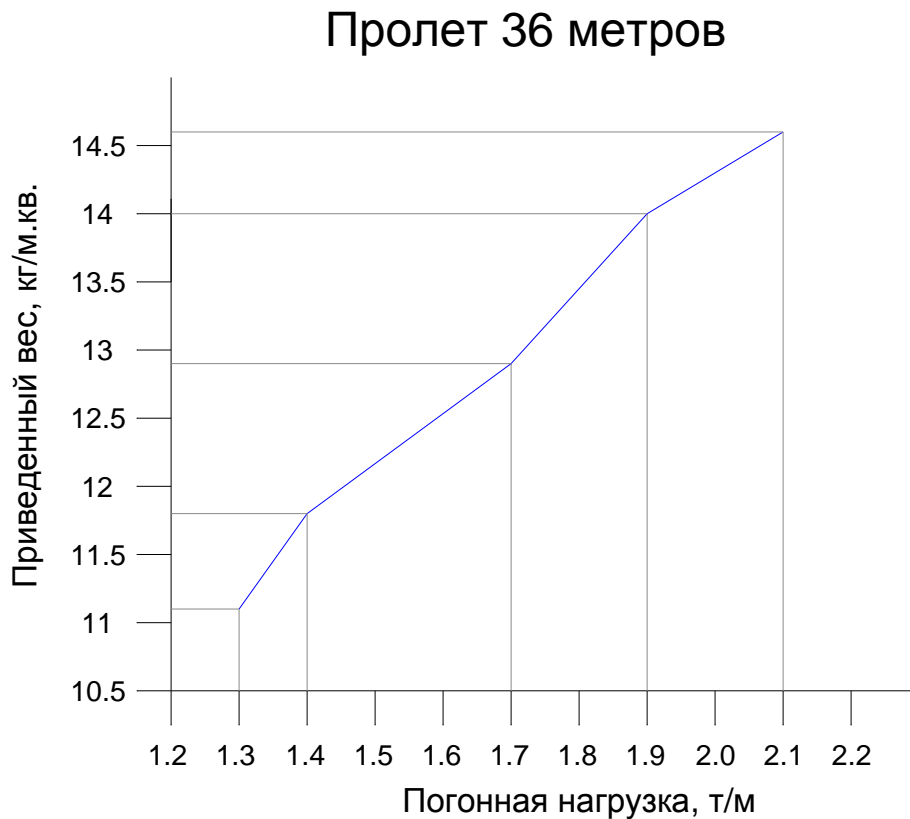


Рисунок 9. Зависимость металлоёмкости ферм от нагрузки для пролета 36 метров

3) На третьем этапе были исследованы рамки применения различных типоразмеров принятого узла соединения секций по нижнему поясу.

Была составлена таблица 4, содержащая полученные по расчеты геометрические размеры элементов узла соединения нижнего пояса ферм.

Таблица 4. Параметры узлов соединения нижнего пояса

Элемент	Параметр	Единицы измерения	Значения						
			86	103	118	120	130	137	146
НП	Растягивающее усилие	т	86	103	118	120	130	137	146
	Толщина	мм	16	25	25	25	25	25	25
	Высота	мм	180	180	220	220	220	220	220
Фасонка	Площадь	мм <sup>2</sup>	2880	4500	5500	5500	5500	5500	5500
	Толщина	мм	16	16	18	20	20	22	22
	Высота	мм	180	220	220	220	220	220	220
Накладки	Количество	шт	2	2	2	2	2	2	2
	Диаметр	мм	24	24	24	24	24	24	24
	Чернота отверстия	мм	3	3	3	3	3	3	3
Болты	Количество	шт	6	9	9	9	9	9	9
	Суммарная длина	мм	1400	1600	1600	1600	1600	1600	1600
	Катет шва	мм	5	6	6	7	7	7	8

По усилиям в нижних поясах для различных вариантов ферм (таблица 4) подобраны пять подходящих узлов соединения, промаркированы и их параметры занесены в таблицу 5.

Таблица 5. Сводная таблица узлов соединения нижнего пояса

Марка узла	Фасонка		Накладки		Болты	Сварной шов		Применимость в фермах
	Высота	Толщина	Высота	Толщина	Количество	Суммарная длина	Катет шва	
	мм	мм	мм	мм	шт	мм	мм	
<b>T521</b>	180	16	180	16	6	1400	5	Ф24/1, Ф30/1, Ф36/1, Ф24/2, Ф30/2
<b>T531</b>	180	25	220	16	9	1600	6	Ф24/3, Ф24/4
<b>T532</b>	220	25	220	18	9	1600	6	Ф24/5, Ф30/3, Ф30/4, Ф36/2
<b>T533</b>	220	25	220	20	9	1600	7	Ф36/3
<b>T534</b>	220	25	220	22	9	1600	8	Ф36/4

Можно отметить, что вырезы в нижнем поясе под фасонку были получены 2-х типов (таблица 5), первый тип – для узла T521 (толщина фасонки 16 мм, суммарная длина сварного шва – 1400 мм), второй тип - для остальных узлов: T531, T532, T533 и T534 (толщина фасонки для данных узлов равно 25 мм, а суммарная длина сварного шва – 1600 мм)

По результатам расчетов была составлена сводная таблица 6 различных комбинаций ферм.



Таблица 6. Сводная таблица различных ферм

Пролет, м	Марка фермы	Состав ферм		Сечение верхнего пояса	Сечение нижнего пояса	Общий вес конструкции ферм, кг	Шаг ферм, м	Предельная погонная нагрузка, т/м	Приведенный вес кг/м.кв.
		Комбинация секций фермы	Соединительные детали						
24	Ф24/1	T10121x2	T521	140x5	140x5	1520	6	2,3	10,42
	Ф24/2	T10122x2	T521	140x6	140x5	1614		2,4	11,07
	Ф24/3	T10123x2	T531	140x6	140x6	1695		2,7	11,93
	Ф24/4	T10124x2	T531	140x7	140x6	1778		2,9	12,51
	Ф24/5	T10125x2	T532	140x8	140x7	1937		3,3	13,61
30	Ф30/1	T10121x2 +T10061	T521	140x5	140x5	1968		1,5	10,9
	Ф30/2	T10122x2 +T10062	T521	140x6	140x5	2084		1,7	11,6
	Ф30/3	T10124x2 +T10063	T532	140x7	140x6	2290		2,1	12,7
	Ф30/4	T10125x2 +T10064	T532	140x8	140x7	2489		2,3	13,8
36	Ф36/1	T10121x2 +T10121*	T521	140x5	140x5	2400		1,3	11,1
	Ф36/2	T10124x2 +T10123*	T532	140x7	140x6	2790		1,7	12,9
	Ф36/3	T10125x2 +T10124*	T533	140x8	140x7	3031		1,9	14
	Ф36/4	T10126x2 +T10125*	T534	140x8	140x8	3147		2,1	14,6

По таблице 6 прослеживается четкая корреляция между толщиной стенок сечений поясов ферм и стандартными секциями. Так же определены два уровня стандартизации ферменных конструкций. Первый стандартизирует секции, одни и те же секции могут использоваться в фермах разных пролетов, но с одинаковой толщиной стенки сечения поясов. Второй уровень определяет границы использования узлов соединения по НП, зависящие от усилия в нижнем поясе ферм, таким образом, одинаковые узлы могут применяться в различных секциях с отличающимися толщинами стенок сечений поясов.

## 5. Выводы

Фермы разработанной серии получились схожими по металлоёмкости при небольшой нагрузке и выгоднее до 8% при больших нагрузках по сравнению с фермами серии Молодечно, при этом имеют следующие преимущества:

- 1) Высота ферм меньше на 200 мм, что допускает габаритную перевозку 12-метровых боковых секций
- 2) Пояса ферм имеют общие габариты сечений, что сокращает число типовых элементов

Для ферменных конструкций пролетом 30 и 36 метров было принято решение допустить превышение предела максимальной высоты 2,5 метра, при транспортировке необходимого для попадания в категорию габаритных перевозок. При высоте ферменных конструкций пролетом 30 и 36 метров для обеспечения сравнимой несущей способности было бы необходимо существенное увеличение сечений верхнего и нижнего поясов, вследствие чего фермы получились бы тяжелыми и неоптимальными.

- 3) Металлоёмкость ферм с уклоном 10% при больших пролетах существенно ниже, чем у 2% [24], что связано с габаритом фермы по высоте и распределением усилий, поэтому при небольших пролетах (до 24 метров) в складских зданиях целесообразно применять ферменные конструкции с уклоном 2%, при больших пролетах – с уклоном 10%.

## Литература

1. Институт ОАО ПИ Ленпроектстальконструкция Стальные конструкции покрытий производственных зданий из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения пролетом 18, 24 и 30 м с уклоном 10%. Институт ОАО ПИ Ленпроектстальконструкция, 1999. 67 с.
2. Проектирование стальной стропильной фермы : методические указания к курсовому проекту / Ленинградский государственный технический университет, Кафедра строительных конструкций и материалов; [сост. Б. А. Гаврилин [и др.]. — Ленинград : [ЛГТУ], 1991. — 54 с.
3. Юрьев, А. Г. Оптимальное проектирование фермы при силовых и температурных воздействиях с учетом безопасной устойчивости / А. Г. Юрьев, К. И. Логачев, С. В. Клюев // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия. — М., 2007. — №8. — 36 с.
4. Петров К.В., Золотарева Е.А., Володин В.В., Ватин Н.И., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт - Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы // Инженерно-строительный журнал. 2010. No 2. С. 59-64.
5. Ватин Н.И., Синельников А.С. Большепролетные надземные пешеходные переходы из легкого холодногнутого стального профиля // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. №1. С. 47-52.
6. Алексейцев А. В. Эволюционная оптимизация стальных ферм с учетом узловых соединений стержней // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5 (40). С. 28-37.
7. Бондаренко И. Б. Оптимизация проектных решений в САПР автоматизированных технологических комплексов : Дис. канд. техн. наук : 05.13.12 : Санкт-Петербург, 2003. — 173 с. РГБ ОД, 61:04-5/1506
8. Vatin N. I, Sinelnikov A. S. Strength and durability of thin-walled cross-sections // Design, fabrication and economy of metal structures. 2013. Pp. 165-170.
9. Константинов И. А. Строительная механика : Расчет стержневых систем с использованием программы SCAD : учебно-методический комплекс / И. А. Константинов, В. В. Лалин, И. И. Лалина ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. — Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2007. — 449 с.
10. Design basis of Lithuanian steel and aluminium structure codes and their relations to Eurocode // Daniūnas A., Kvedaras A. K., Šapalas A., Šaučiuvėnas G. // Journal of Constructional Steel Research. 2006. Vol. 62, Pp. 1250–1256.
11. Chan S. L. Non-linear behavior and design of steel structures // Journal of Constructional Steel Research. 2001. Vol. 57. Pp. 1217–1231
12. Tenga J. G., Yub T, Fernandoc D. Strengthening of steel structures with fiber-reinforced polymer composites // Journal of Constructional Steel Research. 2012. Vol. 78. Pp. 131–143.
13. Yongjun Hea, Xuhong Zhoua, Xiaotong Zhanga. Finite element analysis of the elastic static properties and stability of pretensioned cylindrical reticulated mega-structures // Thin-Walled Structures. 2012. Vol. 60. Pp. 1–11.
14. Bickford J.H. An introduction to the design and behavior of bolted joints, 3<sup>rd</sup> edition. 78 p
15. Kociecki M, Adeli H. Two-phase genetic algorithm for size optimization of free-form steel space-frame roof structures // Journal of Constructional Steel Research. 2013. No. 90. Pp. 283-296.
16. Buhl Th., Jensen F. V., Pellegrino S. Shape optimization of cover plates for retractable roof structures // Computers & Structures. 2004. No. 82 (15–16). Pp. 1227-1236.
17. Modelling of cement hydration in concrete structures with hybrid finite elements/ Teixeira de Freitas J.A., Cuong P.T., Faria R., Azenha M. //Finite Elements in Analysis and Design. 2013. Vol. 77.Pp. 16-30.
18. Eurocode 3: Design of steel structures. EN 1993-1-3: 2004 Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. CEN. European Committee for Standardization.
19. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. SCAD Office. Формирование сечений и расчет их геометрических характеристик – М.: Издательство АСВ, 2011. – 80 с.
20. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD – М.: Издательство СКАД СОФТ, 2011. – 656 с.

21. Комплекс программ SCAD Office - инструментарий инженера-проектировщика // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия .— М., 2004 .— №1 .— С. 64
22. Комплекс программ SCAD office - инструментарий инженера-проектировщика // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия .— М., 2007 .— №3 .— С. 56
23. Комплекс программ SCAD Office - инструментарий инженера-проектировщика // Промышленное и гражданское строительство (ПГС) : Ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Российское общество инженеров строительства; Российская инженерная академия .— М., 2007 .— №4 .— С. 60
24. Zara Shubber. The development of the typical roof structure project based on trusses made of roll-welded rhs pipes : Bachelor's Thesis / Zara Shubber ; Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta Technology, Civil and Construction Engineering .— Lappeenranta : Saimaa University of Applied Sciences, 2013 - 80 с.

## The standardized farm designs with 10% slope for 24, 30, 36 meters span

M.Yu. Baranovskiy<sup>1</sup>, V.A. Tarasov<sup>2</sup>

Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

### ARTICLE INFO

Original research article

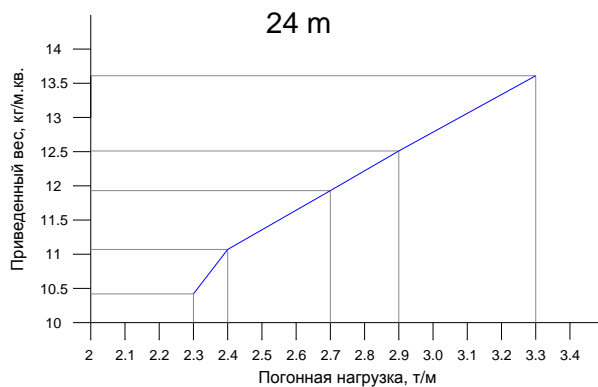
### Article history

Received 11 June 2014  
Accepted 1 July 2014

### Keywords

truss structures,  
standars,  
long span trusses,  
roofing systems,  
bottom chord

### ABSTRACT



Standardization and unification of elements, structure designs is one of the main ways to decrease people resources consumption and summary design cost.

In this article standard designs of farms of a covering with 10% slope were developed for 24, 30, 36 meters spans for different combinations of loadings.

Calculation of efforts and selection of elements sections was made in the program complex SCAD Office. Further there was revealed the dependence between section thickness, spans and loading and there was investigated a limits of using various standard sizes of the accepted bottom chord

connection knot. The designed series of farm designs with a 10% slope for 24, 30, 36 meters spans covers the range of loadings from 1,3 t/m to 3,3 t/m.

In comparison with similar farms of a series of Molodechno, has smaller metal consumption due to reduction of the top chord section. Transportation of 12-meter lateral section gets to required category.

1

Corresponding author:

+7 (921) 407 7354, bm\_y@mail.ru (Mikhail Yuriyevich Baranovskiy, B.Sc.)

2

+7 (952) 201 0537, vtarasov3766@yandex.ru (Vladimir Aleksandrovich Tarasov, B.Sc.)

## References

1. *Institut OAO PI Lenproyektstalkonstruksiya Stalnyye konstruksii pokrytiy proizvodstvennykh zdaniy iz zamknutykh gnutosvaynykh profilyey pryamougolnogo secheniya proletom 18, 24 i 30 m s uklonom 10%* [Steel designs of roofing systems of production buildings from the rectangular section profiles with 18, 24 and 30 m spans and 10% slope]. *Institut OAO PI Lenproyektstalkonstruksiya*, 1999. 67 p. (rus)
2. *Proyektirovaniye stalnoy stropilnoy fermy : metodicheskiye ukazaniya k kursovomu projektu* [Design of a steel rafter farm: methodical instructions to an academic year project] / *Leningradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet, Kafedra stroitelnykh konstruksiy i materialov; [sost. B. A. Gavrilin [i dr.]. — Leningrad : [LGTU], 1991. — 54 p. (rus)*
3. Yuryev A. G. (2007). *Optimalnoye proyektirovaniye fermy pri silovykh i temperaturnykh vozdeystviyakh s uchetom bezopasnoy ustoychivosti* [Optimum truss design under power and temperature influences taking safe stability into account] / A. G. Yuryev, K. I. Logachev, S. V. Klyuyev. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo (PGS) : Yezhemesyachnyy nauchno-tekhnicheskyy i proizvodstvennyy zhurnal / Rossiyskoye obshchestvo inzhenerov stroitelstva; Rossiyskaya inzhenernaya akademiya. — M., 2007. Issue 8.*
4. *Rekonstruksiya krysh Sankt -Peterburga na osnove legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy i antiobledenitelnoy sistemy* [Reconstruction of Saint - Petersburg roofs on the basis of light steel thin-walled structures and anti-freezing system] / Petrov K.V., Zolotareva Ye.A., Volodin V.V., Vatin N.I., Zhmarin Ye.N. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. Issue 2. Pp. 59-64. (rus)
5. Vatin N.I., Sinelnikov A.S. (2012) *Bolsheproletnyye nadzemnyye peshehodnyye perekhody iz legkogo kholodnognutogo stalnogo profilya* [Wide-span elevated crosswalks from an light steel thin-walled structures]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2012. Issue 1. Pp. 47-52. (rus)
6. Alekseytsev A.V. (2013). *Evolutsionnaya optimizatsiya stalnykh ferm s uchetom uzlovykh soyedineniy sterzhney* *Magazine of Civil Engineering*. 2013. Vol. 10. Issue 5. Pp. 28-37. (rus)
7. Bondarenko I. B. (2003). *Optimizatsiya projektnykh resheniy v SAPR avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksov* [Evolutionary optimization of steel trusses taking nodal connections of cores into account]: *Dis. kand. tekhn. nauk : 05.13.12 : Sankt-Peterburg, 2003. — 173 c. RGB OD, 61:04-5/1506 (rus)*
8. Vatin N. I, Sinelnikov A. S. Strength and durability of thin-walled cross-sections. Design, fabrication and economy of metal structures. 2013. Pp. 165-170.
9. Konstantinov I. A. (2007). *Stroitel'naya mekhanika : Raschet sterzhnevnykh sistem s ispolzovaniyem programmy SCAD : uchebno-metodicheskiy kompleks* [Construction mechanics: Rod systems calculation of with SCAD program use: educational and methodical complex] / I. A. Konstantinov, V. V. Lalin, I. I. Lalina ; Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy politekhnicheskyy universitet. — Sankt-Peterburg : Izd-vo Politekh. un-ta, 2007. — 449 p. (rus)
10. Design basis of Lithuanian steel and aluminium structure codes and their relations to Eurocode (2006). / Daniūnas A., Kvedaras A. K., Šapalas A., Šaučiūvenas G. *Journal of Constructional Steel Research*. 2006. Vol. 62, Pp. 1250–1256.
11. Chan S. L. (2001). Non-linear behavior and design of steel structures. *Journal of Constructional Steel Research*. 2001. Vol. 57. Pp. 1217–1231.
12. Tenga J. G., Yub T, Fernandoc D. (2012) Strengthening of steel structures with fiber-reinforced polymer composites. *Journal of Constructional Steel Research*. 2012. Vol. 78. Pp. 131–143.
13. Yongjun Hea, Xuhong Zhoua, Xiaotong Zhanga. Finite element analysis of the elastic static properties and stability of pretensioned cylindrical reticulated mega-structures // *Thin-Walled Structures*. 2012. Vol. 60. Pp. 1–11.
14. Bickford J.H. An introduction to the design and behavior of bolted joints, 3rd edition. 78 p.
15. Kociecki M, Adeli H. Two-phase genetic algorithm for size optimization of free-form steel space-frame roof structures. *Journal of Constructional Steel Research*. 2013. Issue 90. Pp. 283-296.
16. Buhl Th., Jensen F. V., Pellegrino S. Shape optimization of cover plates for retractable roof structures. *Computers & Structures*. 2004. Issue 82 (15–16). Pp. 1227-1236.
17. Modelling of cement hydration in concrete structures with hybrid finite elements/ Teixeira de Freitas J.A., Cuong P.T., Faria R., Azenha M. *Finite Elements in Analysis and Design*. 2013. Vol. 77. Pp. 16-30.
18. Eurocode 3: Design of steel structures. EN 1993-1-3: 2004 Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. CEN. European Committee for Standardization.



19. Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A. [et. al.] (2011) SCAD Office. *Formirovaniye secheniy i raschet ikh geometricheskikh kharakteristik* [SCAD Office. Sections formation and calculation of their geometrical characteristics] – M.: Izdatelstvo ASV, 2011. – 80 p. (rus)
20. Karpilovskiy V.S., Kriksunov E.Z., Malyarenko A.A. [et. al.] (2011) SCAD Office. *Vychislitelnyy kompleks SCAD* [SCAD Office. SCAD calculation system] – M.: Izdatelstvo SKAD SOFT, 2011. – 656 p. (rus)
21. Kompleks programm SCAD Office - *instrumentariy inzhenera-proyektirovshchika* [Complex of the SCAD Office programs - tools of the design engineer]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo (PGS)*.— M., 2004 .— Issue 1 . 64 p. (rus)
22. *Kompleks programm SCAD office - instrumentariy inzhenera-proyektirovshchika* [Complex of the SCAD Office programs - tools of the design engineer]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo (PGS)*.— M., 2007 .— Issue 3 . 56 p. (rus)
23. *Kompleks programm SCAD Office - instrumentariy inzhenera-proyektirovshchika* [Complex of the SCAD Office programs - tools of the design engineer]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo (PGS)* — M., 2007 . Issue 4. 60 p. (rus)
24. Shubber Z. (2013) The development of the typical roof structure project based on trusses made of roll-welded rhs pipes: Bachelor's Thesis / Zara Shubber ; Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta Technology, Civil and Construction Engineering .— Lappeenranta : Saimaa University of Applied Sciences, 2013 - 80 p.