

ПЛАН ЛЕКЦИИ:

- 1.1 Классификация
- 1.2 Простейшие дощатые фермы с соединениями на гвоздях и болтах
- 1.3 Многоугольные фермы
- 1.4 Сегментные фермы
- 1.5 Дощатые фермы на металлических зубчатых пластинах
- 1.6 Фермы с соединениями на стальных пластинках с зубьями из дюбелей-гвоздей
- 1.7 Последовательность расчета ферм
- 1.8 Монтаж ферм
- 1.9 Примеры типовых ферм

ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ:

- 1. Блок-своды

1 ФЕРМЫ

1.1 Классификация

Фермы представляют собой стержневые (сквозные, решетчатые) системы, состоящие из шарнирно соединенных в узлах элементов, работающих в основном на продольные усилия.

В покрытиях зданий чаще всего применяют статически определимые однопролетные фермы.

По внешнему **очертанию** фермы бывают:

- ✓треугольные;
- ✓прямоугольные;
- ✓трапецевидные;
- ✓многоугольные;
- ✓сегментные;
- ✓шпренгельные.

Выбор очертания определяется архитектурно-строительными требованиями; уклоном кровли; видом и величиной нагрузки.

Чем меньше усилий в элементах решетки, тем проще узловые сопряжения, тем экономичнее сквозная конструкция.

King Post -- Span Up to 16'

Queen Post (Fan) -- Spans 10' to 22'

Fink (W) -- Spans 16' to 33'

Howe (K) -- Spans 24' to 36'

Fan (Double Fan) -- Spans 30' to 36'

Modified Queen (Multi-Panel) -- Spans 32' to 44'

Double Fink (WW) -- Spans 40' to 60'

Double Howe (KK) -- Spans 40' to 60'

Modified Fan (Triple Fan) -- Spans 44' to 60'

Triple Fink (WWW) -- Spans 54' to 80'

Triple Howe (KKK) -- Spans 54' to 80'

Vault - Two Bearing Points

Vault - Three Bearing Points

Coffer (Cove)

Cathedral (CATH)

Clear Story

Double Cantilever

Tri-Bearing

Double (DUBL)
(Double Pitch)

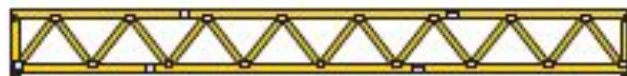
Modified Queen
Scissors

Howe Scissors

Прямоугольные



Top Chord Bearing Flat Truss (Pratt Configuration)



Flat Truss (Warren Configuration)

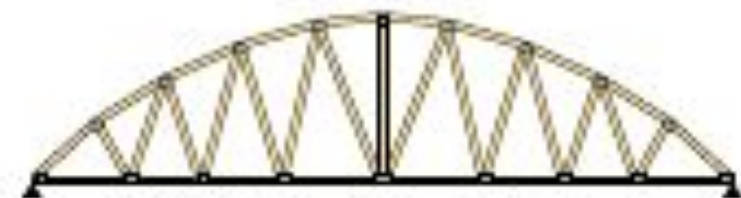


Sloping Parallel Chords (Howe Configuration)



Floor Truss (System 42 - Modified Warren Configuration)

Сегментные

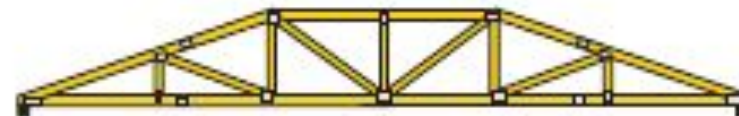


BOWSTRING

Трапецевидные

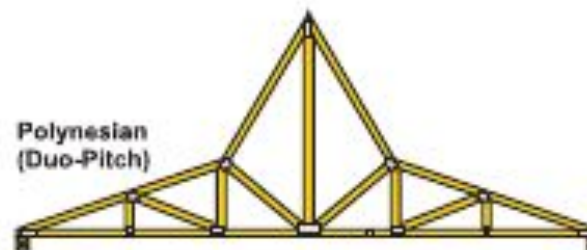


Stepdown Hip

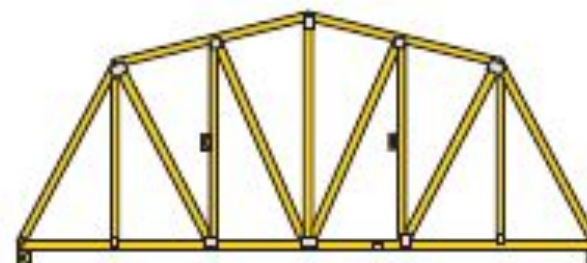


Hip Girder

Полигональные



Polynesian
(Duo-Pitch)



Gambrel

Sepa roof trusses

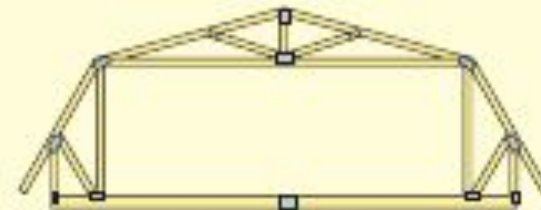
Sepa roof trusses are manufactured based on the truss diagram drawn by the main structural engineer of the site.



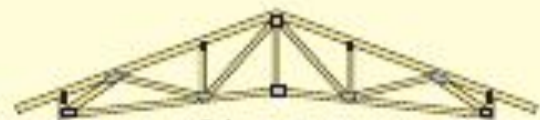
Normal ridge truss



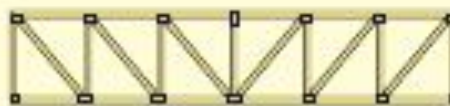
Attic frame truss



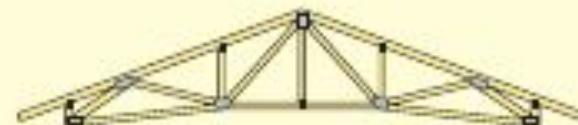
Mansard truss



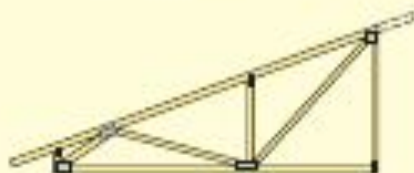
Scissors truss



Beam truss



T-scissors truss



Single pitch truss



Attic frame truss with inclined bars



Attic frame truss with straight bars

Нижние растянутые пояса ферм могут быть изготовлены

- ✓металлическими (при отсутствии химически агрессивной среды) из круглой или профилированной стали;
- ✓из цельной древесины;
- ✓из клееной древесины;
- ✓из древесных материалов (фанерные профили; LVL).

Конструкции с деревянными поясами имеют повышенную огнестойкость.

Верхние пояса ферм при внеузловой поперечной нагрузке работают на сжатие с изгибом. Их предпочтительно проектировать из клееной древесины. В случае выполнения таких поясов из цельной древесины их проектируют из двух брусьев. При этом верхний брус опирается на нижний в узлах конструкции и работает только на поперечный изгиб, а нижний брус испытывает только осевое сжатие.

Решетку ферм применяют раскосную или треугольную. Стержни решетки центрируют в узлах. Внецентренное крепление решетки к поясам ввиду небольшой величины усилий допускается лишь в сегментных и многоугольных фермах.

Рассчитывают фермы чаще всего на два возможных сочетания нагрузок:

- 1 – постоянная и временная снеговая нагрузки действуют на всем пролете;
- 2 – постоянная нагрузка действует на всем пролете, а снеговая – на половине.

Первая схема – для установления расчетных усилий в поясах, вторая – в решетке.

Деформации (прогибы) ферм обусловлены упругими деформациями материалов элементов, рыхлыми деформациями узлов (обусловленной неплотностями сборки и допусками); рабочими деформациями в узлах (предельная величина которых регламентируется нормативными документами), а также ползучестью древесины. Прогибы деревянных ферм больше, чем металлодеревянных.

Наиболее интенсивно прогибы нарастают в первые три месяца эксплуатации ферм под нагрузкой, достаточно заметно их увеличение далее до трех лет общей эксплуатации.

Испытания металлодеревянных ферм свидетельствуют, что их прогибы при нормативной нагрузке составляют $f=(1/750...1/1250)L$, а перед разрушением $f=(1/200...1/300)L$.

Испытания деревянных ферм свидетельствуют, что их прогибы при нормативной нагрузке составляют $f=(1/500...1/1050)L$, а перед разрушением $f=(1/125...1/200)L$.

Для уменьшения провисания ферм и обеспечения соответствия расчетной схеме при изготовлении нижним поясам придают строительный подъем, принимаемый

не менее $(1/200)L$ и не менее расчетного прогиба фермы.

Расчетные прогибы рекомендуется устанавливать расчетом конструкции по деформируемой схеме с учетом деформаций в узловых соединениях решетки с использованием формулы условного модуля упругости элемента

$$E_y = \frac{E}{1 + \frac{\delta \cdot E}{R_{см} \cdot l} K_{кр}}$$

где E – исходный модуль упругости деревянных элементов ($E=10000$ МПа); δ – расчетное предельное значение деформаций податливости, принимаемое в зависимости от предельной деформации узлового соединения (на лобовых врубках и торец в торец - $1,5$ мм; на нагелях всех видов - $2,0$ мм; в примыканиях поперек волокон - $3,0$ мм) и степени использования несущей способности; N – усилие, действующее в стержне, кН; l – длина стержня, м.

Суть методики заключается в отнесении узловых деформаций к деформациям материала стержня фермы.

Величины линейных деформаций податливого соединения δ при полном использовании его несущей способности при действии осевых усилий. В расчет необходимо вводить не предельные деформации, а расчетные, скорректированные с учетом действующих напряжений (или иначе – степени использования несущей способности) узлового соединения.

Тогда расчетная деформация для элементов вычисляется с небольшой погрешностью как

$$\delta_0 = \delta \cdot \frac{\sigma_{см}}{R_{см}} \cdot K_{кр}$$

где $\sigma_{см}$ - напряжение смятию древесины поперек или вдоль волокон; $K_{кр}$ – коэффициент учитывающий кратковременность действия нагрузки (при кратковременной нагрузке $K_{кр} = 0,5$, при длительной - $K_{кр} = 1$); $R_{см}$ - расчетное сопротивление древесины местному смятию.

Расчет выполняют с использованием программных пакетов SCAD или ЛИРА в два этапа. На первом этапе производят обычный статический расчет фермы, устанавливают осевые усилия в элементах фермы. На втором этапе для элементов решетки и нижних поясов вычисляют условные модули упругости E_y , корректируют исходную информацию и выполняют статический расчет с учетом деформаций узловых соединений.

1.2 Простейшие дощатые фермы с соединениями на гвоздях и болтах

Благодаря доступности и простоте изготовления дощатые фермы с соединениями на гвоздях и болтах, находят применение в покрытиях жилых и хозяйственных зданий в частном секторе строительства, в сельскохозяйственных районах и в тому подобных случаях

Фермы, обычно треугольного очертания, изготавливают из толстых досок ($\delta \geq 50 \text{ мм}$) и используют в покрытиях с пролетами до $12-15 \text{ м}$; располагая их на расстоянии друг от друга, с шагом a в пределах $1,5 < a < 3 \text{ м}$.

Характерной особенностью гвоздевых соединений является их известная «ползучесть». Поэтому фермы на гвоздях в сравнении с другими накапливают под нагрузкой большие, вяло затухающие во времени прогибы. С учетом этой особенности следует назначать высоту треугольных ферм на гвоздях $h \geq L/4$. Фермы не следует использовать в покрытиях с подвесными потолками, которые существенно увеличивают действующую на ферму нагрузку.

При проектировании и изготовлении ферм на гвоздях в построечных условиях следует:

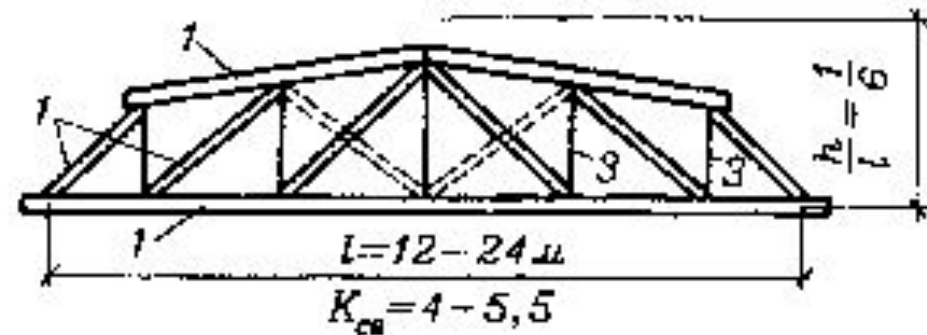
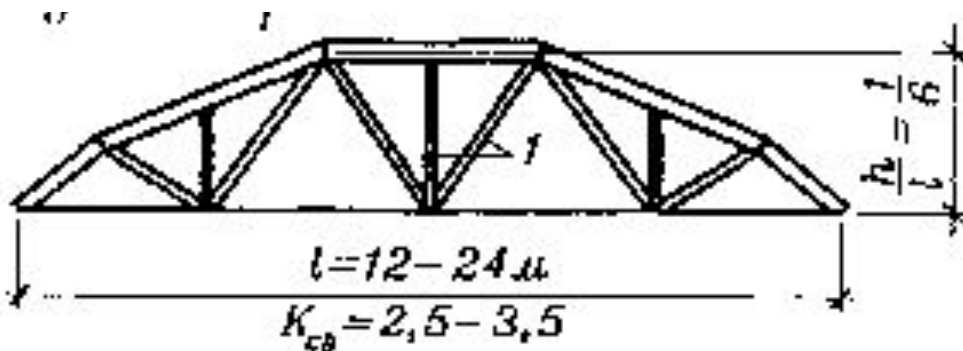
- строго соблюдать указания по расстановке гвоздей в каждом из соединяемых элементов;
- предусматривать постановку в узловых соединениях по крайней мере одного нагельного болта (шпильки), а в стыках по два таких нагельных болта у концов накладок и одного в середине; необходимо учесть совместную работу нагельных болтов с гвоздями;
- нижние пояса ферм выполнять из досок первого сорта, а верхние пояса и раскосы из досок не ниже второго сорта;
- обеспечивать надежное раскрепление верхних поясов из плоскости ферм, например по всей их длине, с помощью конструкций ограждений;
- исключать чрезмерную гибкость сжатых раскосов, которая не должна превышать $\lambda \leq 150$; с этой целью при необходимости ($\lambda > 150$) усилить их нашивками из брусков.

1.3 Многоугольные фермы

Многоугольные фермы применяют для пролетов *12-24 м* с шагом до *6 м*. Очертание верхнего пояса принимают в виде многоугольника, вписанного в круг.

Особенностью многоугольных ферм является решение почти всего верхнего пояса **из одинаковых прямолинейных балок**, выполненных из брусьев (в некоторых случаях из клееных элементов) с передачей усилий в узлах через металлические вкладыши.

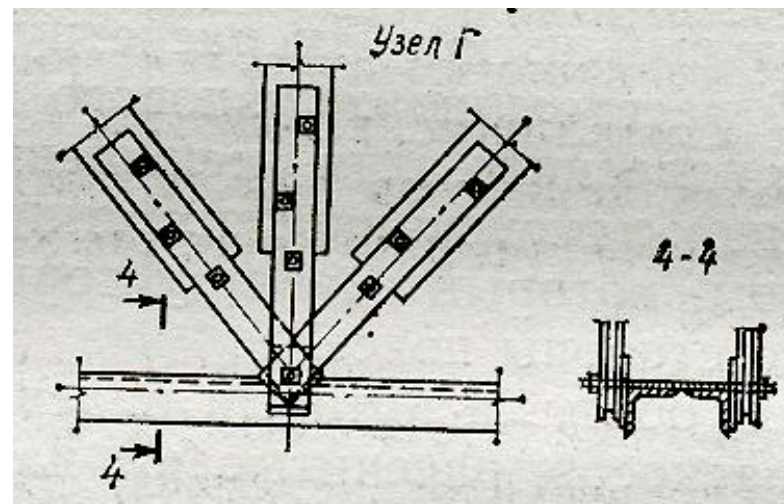
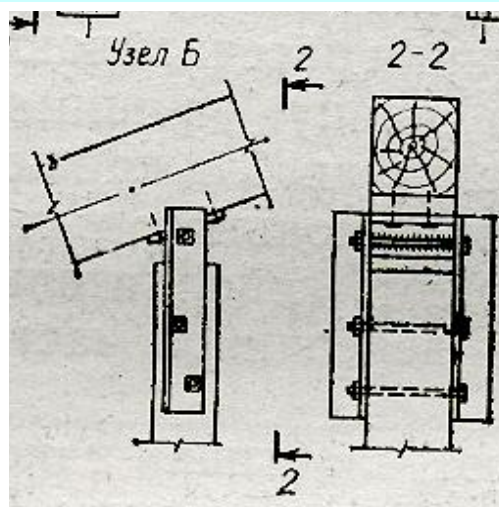
Соединения перекрывают в узлах накладками на болтах. Нижний пояс делают, как правило, металлическим из профильной стали. Решетку принимают треугольной со стойками.

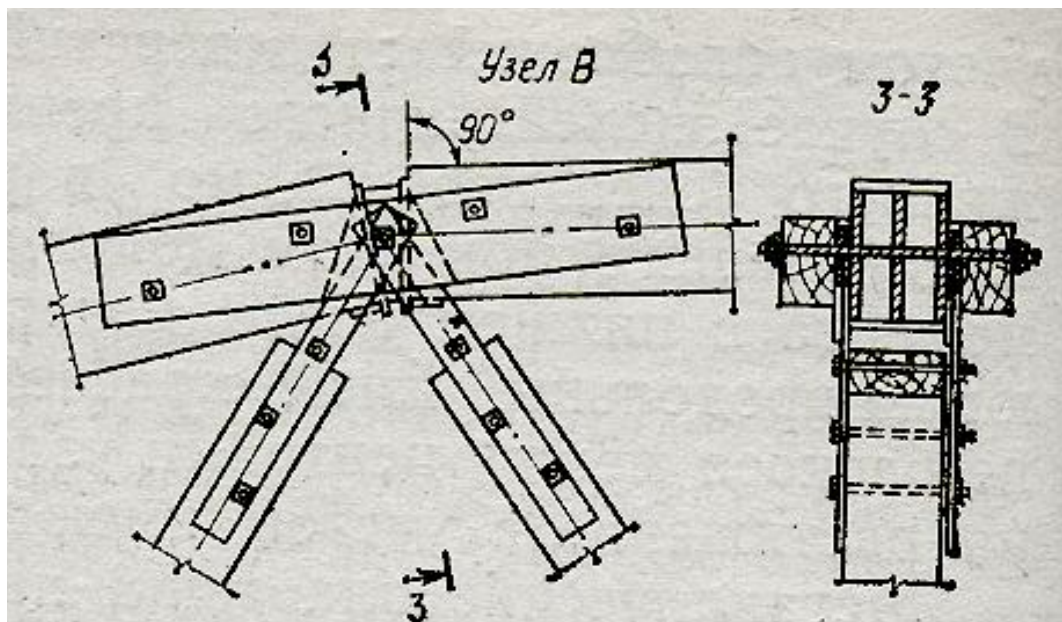


Брус верхнего пояса перекрывает две панели и является двухпролетной неразрезной балкой, за исключением опорных панелей, имеющих вдвое меньшую длину.

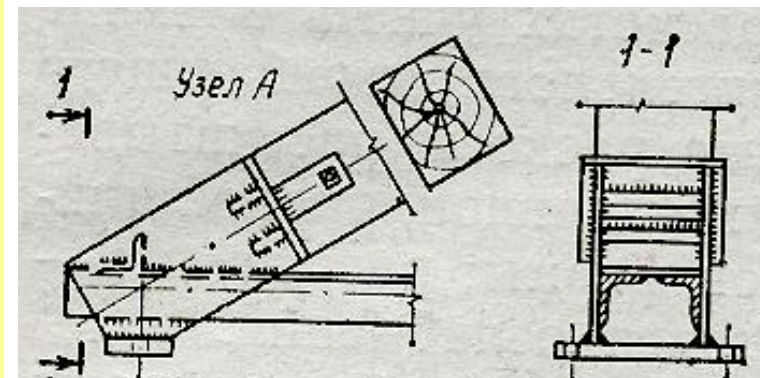
Раскосы и стойки решетки имеют по концам металлические пластинки-наконечники, прикрепленные болтами к деревянному элементу и выполненные из полосовой стали, за исключением верхнего наконечника стойки, который делают из уголка. В целях унификации пластинки-наконечники для всех раскосов и низа стойки имеют одинаковую длину и одну и ту же разбивку отверстий для болтов.

Узловой вкладыш верхнего пояса имеет клиновидную форму в соответствии с переломом пояса в месте узла. Стойки, которые являются сжатыми, присоединяют к верхнему поясу с помощью пластинок, но так как пояс в этом месте не имеет стыка, узловые пластинки-наконечники надевают на болт, вставляемый в проушины пластинок, которая передает усилия от стойки на верхний пояс. Пластинку-наконечник заранее скрепляют с брусом верхнего пояса расчетным количеством гвоздей или болтов. Стыки верхнего пояса перекрывают жесткими деревянными накладками на болтах.

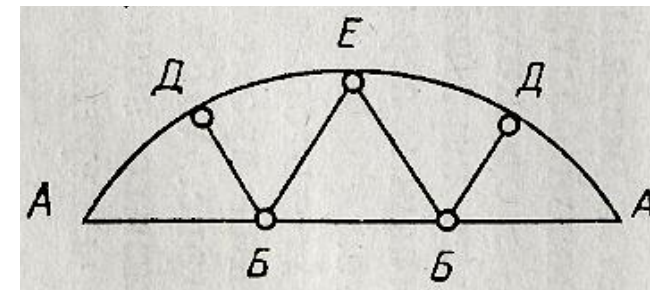
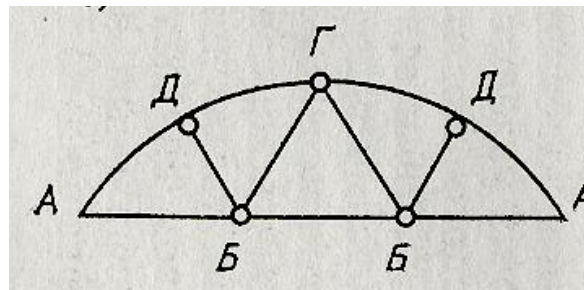
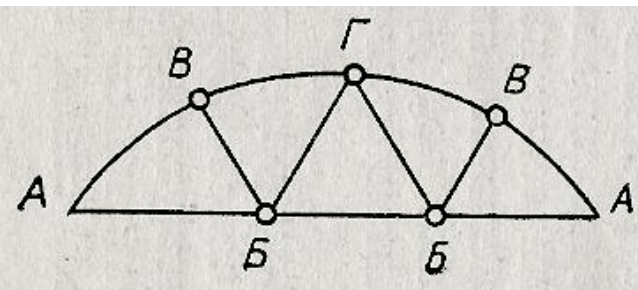




Опорный узел ферм выполняется в виде сварного башмака. Брус верхнего пояса упирается в упорный элемент (пластинка из листовой стали, усиленная ребрами жесткости). Боковые фасонки башмака передают усилия на опорную плиту. К ним сбоку внутри башмака приварены стальные элементы верхнего пояса. В опорном узле, где сходятся элементы, имеющие большие усилия, должно быть осуществлено строгое центрирование всех элементов. Центром узла является точка пересечения усилий в верхнем и нижнем поясах и опорной реакции.

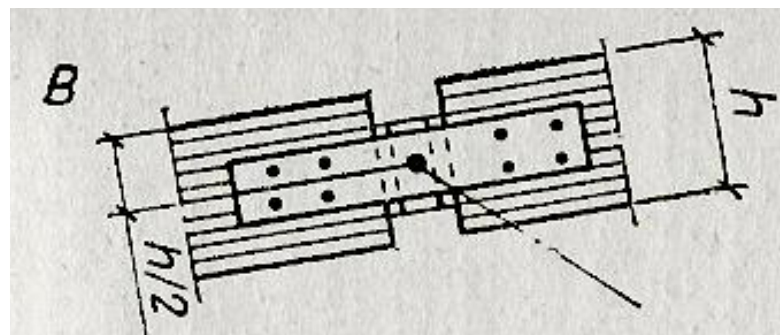


Верхний пояс сегментных клееных ферм очерчен по дуге и разбит на панели крупных размеров. Применяют главным образом металлодеревянные сегментные фермы с клееным верхним поясом и с прямолинейным нижним поясом из профильной или круглой стали. Пролеты клееных сегментных ферм могут достигать **36 м**.

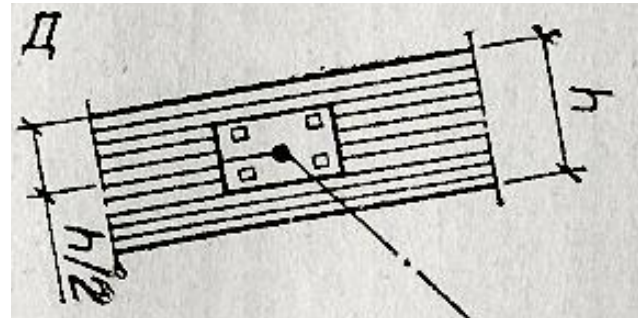
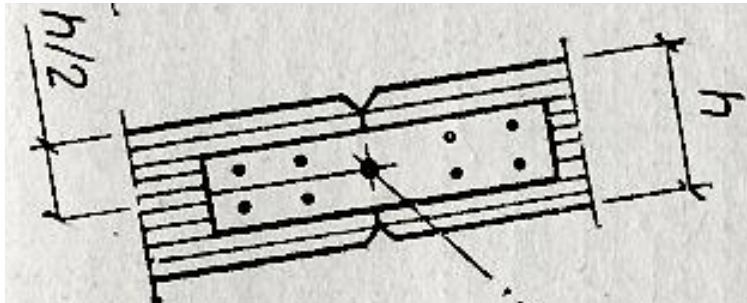


Примеры компоновки верхнего пояса из 4-х, 2-х и 1-ой отправочной марки.

Стыки гнутоклееных блоков выполняют непосредственным упором торцов или через сварные вкладыши в узлах, закрепленных от выхода из плоскости фермы.



Конструкция узлов верхнего пояса различна при разрезном и неразрезном поясе.

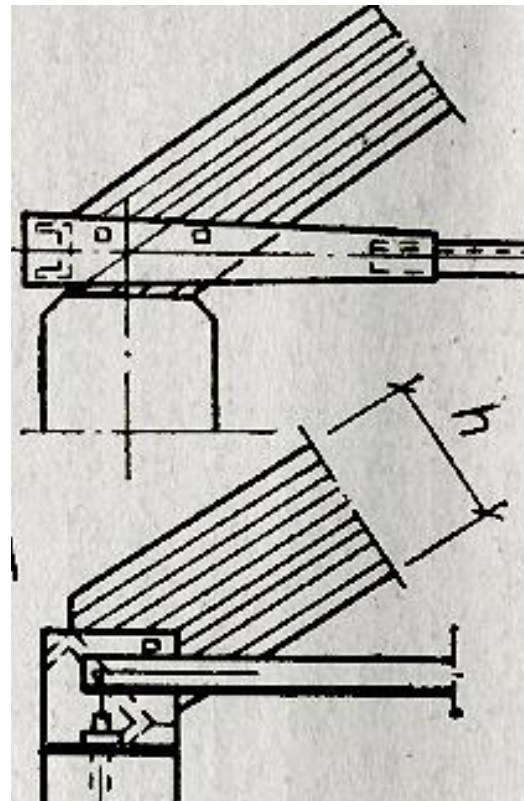
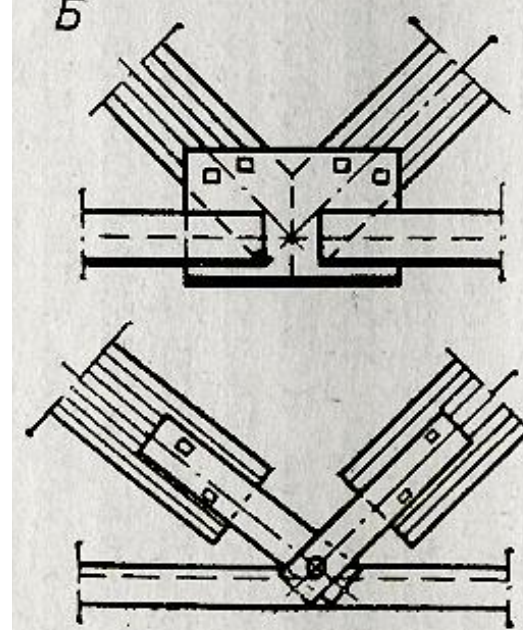


В обоих случаях к концам раскосов прикрепляют на болтах металлические пластинки-наконечники, имеющие в свободном конце отверстие для узлового болта. Усилия от раскосов через пластинки-наконечники воспринимаются узловым болтом, который передает их равнодействующую или на металлический вкладыш, а через него на верхний пояс, или на деревянные или металлические боковые накладки и непосредственно на верхний пояс. Наконечники раскосов из полосовой стали между панелями верхнего пояса и парными накладками из дерева помещаются в специально выбранных пазах в накладках.

Фермы пролетом до **24 м** включительно желательно полностью изготавливать на заводе и доставлять на место установки в готовом виде. Элементы решетки сегментных ферм изготавливают либо из брусьев, либо из клееной древесины. В отношении решетки сегментные фермы являются выгодной конструкцией, так как в ней применяется треугольная решетка и в узлах сходится не более двух элементов, которые центрируют в этих узлах.

Опорные узлы сегментных клееных ферм имеют следующие два основных варианта.

В первом варианте нижний торец клееного верхнего пояса обрезают так, чтобы создать горизонтальную плоскость для опирания фермы и вертикальную - для упора в сварной элемент, состоящий из упорного элемента и боковых фасонки, к которым приваривают стальные элементы нижнего пояса.



Во втором варианте торец клееного верхнего пояса упирается в упорный элемент (упорная пластина из стального листа, усиленного ребрами жесткости, или швеллер) сварного башмака. Боковые фасонки передают усилия на опорную плиту. К ним снаружи или внутри приваривают элементы нижнего пояса.

1.5 Дощатые фермы с соединениями на штампованных зубчатых пластинах

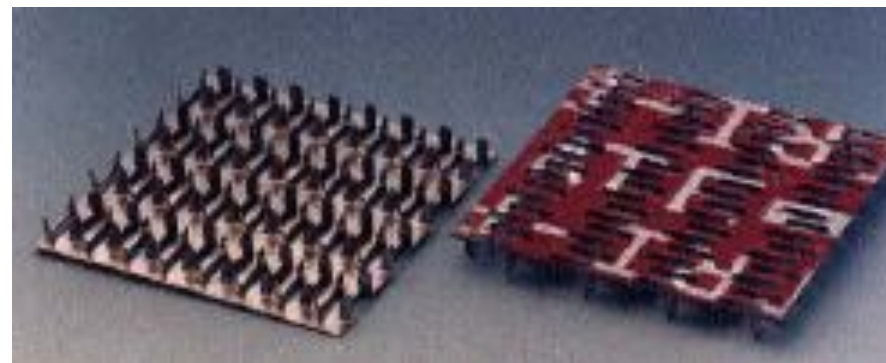
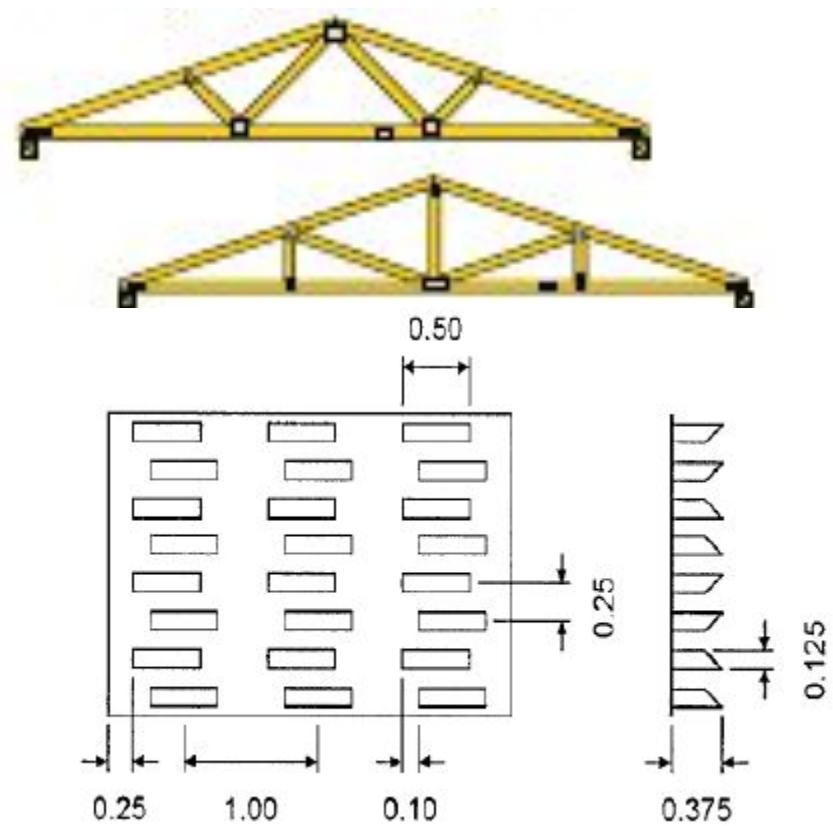
Фермы с узлами на металлических зубчатых пластинах изготовляют на специальных установках, обеспечивающих очень высокую производительность труда.

В отечественной практике изготовления ферм с узлами на МЗП производят, обычно, с помощью гидравлической скобы, подвешенной к монорельсу и передвигаемой по нему от узла к узлу.

Пояса и элементы решетки фермы выполняют из досок толщиной не менее *5 см* с влажностью $W \leq 12\%$, обычно не ниже *2-го сорта*.

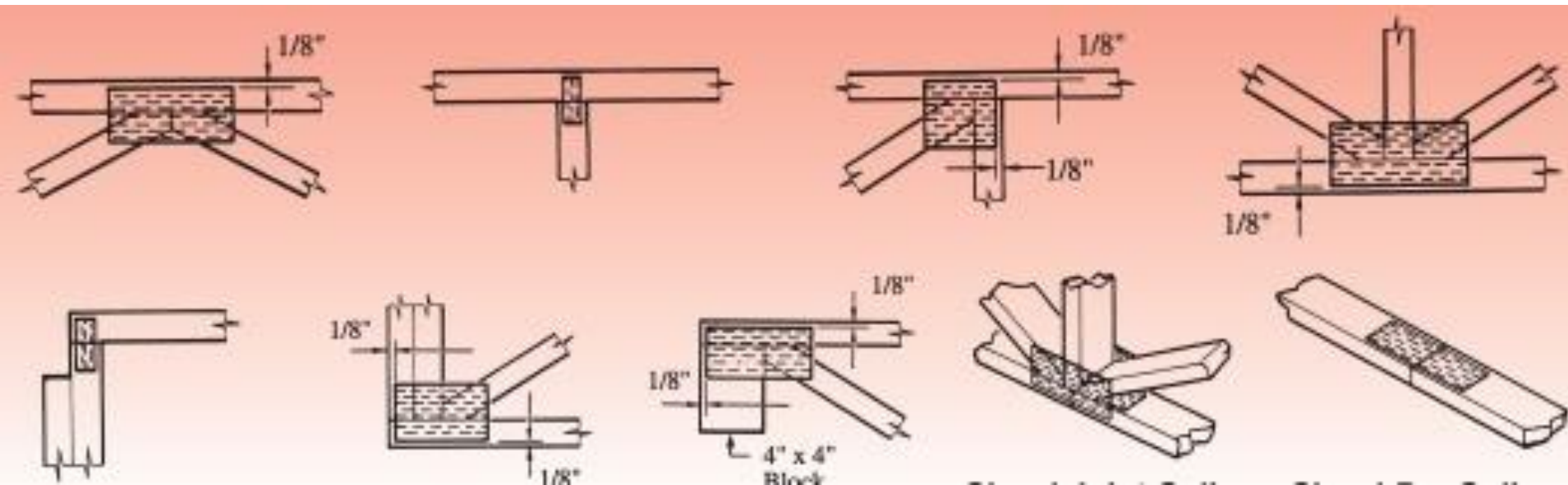
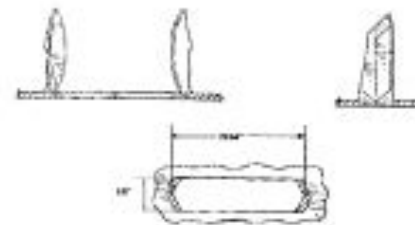
Фермы на МЗП можно использовать в покрытиях зданий V степени огнестойкости без подвесных потолков и подъемно-транспортного оборудования над отапливаемыми и неотапливаемыми помещениями с относительной влажностью воздуха не более *80%*.

Поскольку габаритные размеры и толщины пластин ограничены, а сопротивление тонких зубьев при изгибе древесины не велико, пластины могут быть использованы лишь при действии на соединения сравнительно небольших усилий, например, когда фермы поставлены в покрытие с шагом *a* обычно изменяемом в пределах $0,75 \leq a \leq 1,5$ м.





Стационарный пресс-скоба для
запрессовки МЗП.



Несущая способность МЗП в стыках и узловых соединениях различно и зависит от угла их сопряжения. Это является следствием различной изгибной жесткости зубьев в направлениях вдоль и поперек пластин, а так же их различной прочности при растяжении по ослабленным сечениям (сжатию) и сдвигу в этих направлениях. Эта особенность так же является их недостатком.

Другим существенным недостатком на МЗП является их низкий предел огнестойкости. Кроме этого, тонкие МЗП уязвимы опасной для них коррозией и требуют тщательной и надежной защиты от нее с помощью цинкования, и лакирования и т.п.

Последний недостаток – компании, выпускающие сквозные конструкции в нашем крае по рассматриваемой технологии, используют только ввозимые извне, чаще из-за границы, МЗП.

1.6 Фермы с соединениями на стальных пластинках с зубьями из дюбелей-гвоздей

Профессором П.А.Дмитриевым были предложены и исследованы совместно с учениками соединения на стальных пластинках с зубьями из дюбелей, которые сохраняя основные достоинства соединений на МЗП, обладают в сравнении с ними, повышенной несущей способностью, жесткостью и доступностью.

В качестве пластин в них используется листовая сталь толщиной *3-5 мм* с выштампованными или высверленными отверстиями и оцинкованные дюбели диаметром *3-6 мм*.

Таковыми фермами организовано покрытие корпуса «А» Политехнического института СФУ.

1.7 Последовательность расчета ферм

После выбора типа фермы, ее геометрической схемы расчет фермы следует производить в следующей последовательности.

Определение геометрических размеров и тригонометрических величин. Геометрический расчет заключается в определении длин осей всех стержней ферм и углов их наклона к горизонтальной проекции и между собой в узлах. В сегментных фермах необходимо определить радиус и длину верхнего пояса, длины хорд его стержней, их горизонтальные проекции и стрелы выгиба.

Сбор нагрузок. Постоянную нагрузку (кроме собственного веса ферм) определяют в соответствии с проектным заданием по справочным данным и с учетом соответствующих коэффициентов надежности по нагрузке. Временная снеговая нагрузка s определяется по СНиП и является равномерно распределенной по длине пролета или по длине полупролета конструкции.

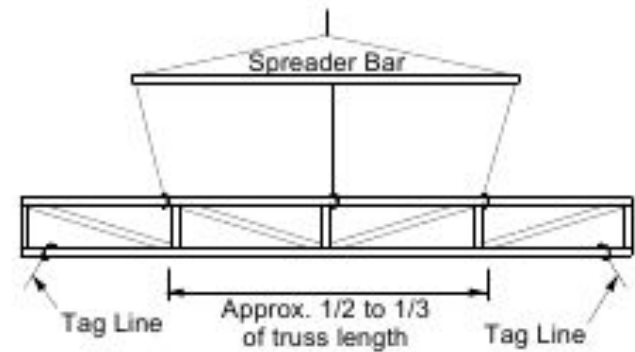
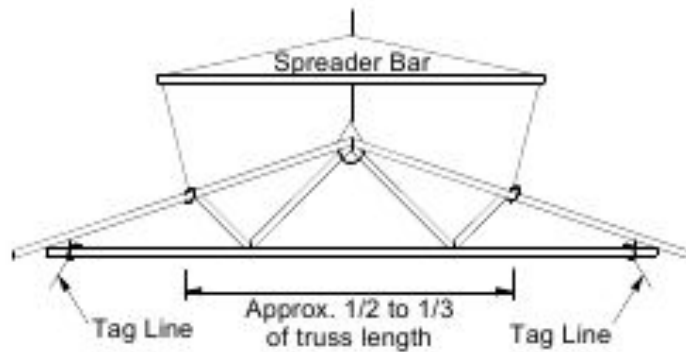
На сегментную ферму может действовать также треугольная снеговая нагрузка с максимальными значениями над опорами и нулевым значением в половине пролета фермы

Ветровая нагрузка при расчете большинства ферм не учитывается, так как она действует в виде отсоса и уменьшает усилия в стержнях ферм от основных нагрузок. При наличии **подвесного потолка**, чердачного перекрытия или **подвесного оборудования** нагрузки от них сосредотачиваются в узлах нижнего пояса фермы.

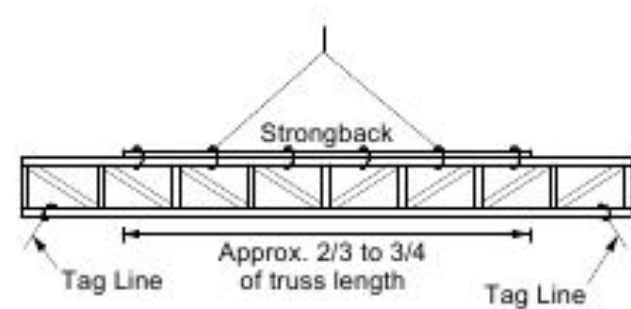
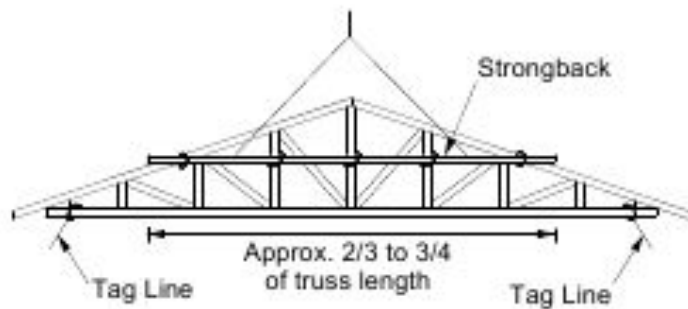
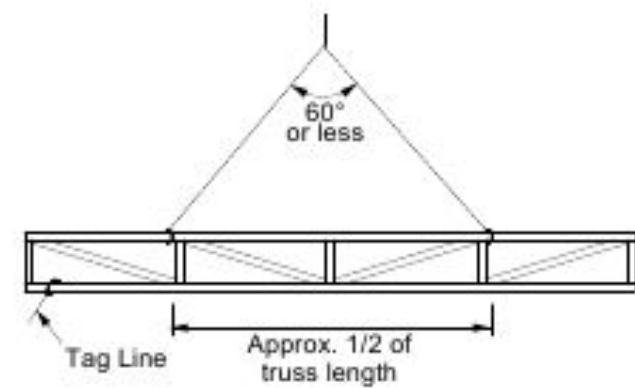
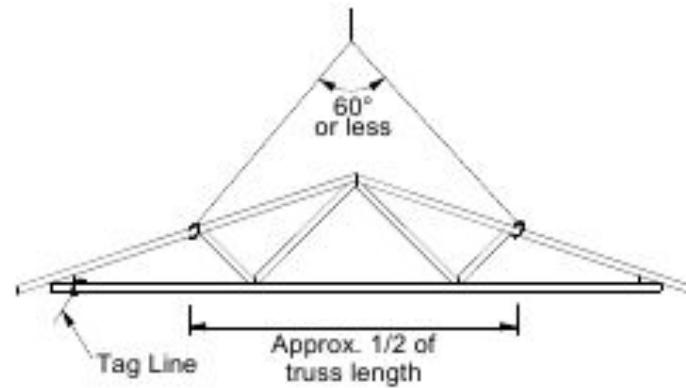
При вычислении **усилий в средних раскосах** учитывают два случая: когда раскос сжат и когда он растянут. Для верхних поясов ферм, нагруженных межузловой нагрузкой, продольные усилия вычисляют для случаев, когда к панели приложена временная нагрузка от снега и когда временная нагрузка на этой панели отсутствует.

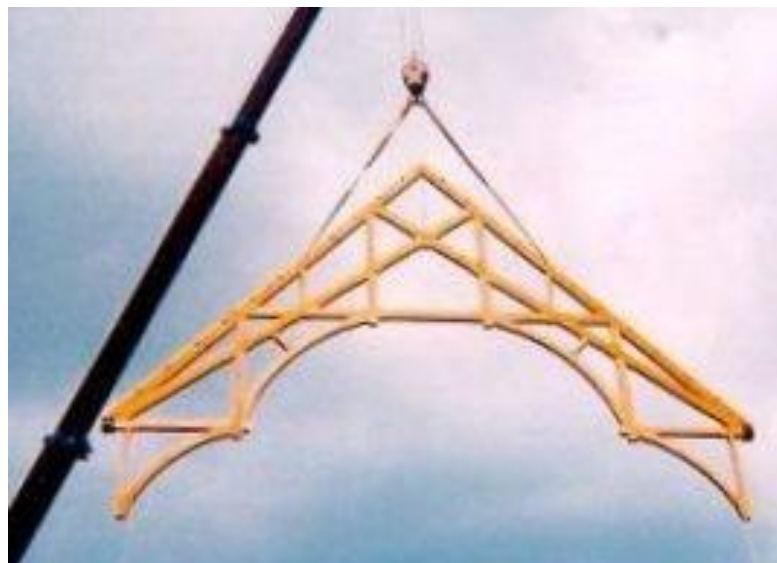
Подбор сечения элементов ферм. Для элементов ферм установлены следующие предельные значения гибкостей: для верхнего пояса - *120*, для элементов решетки - *150*, для нижнего пояса из стали – *400*.

1.8 Монтаж ферм



A spreader bar and short cable slings should be used to lift trusses in the 30' to 60' range. The cable slings may





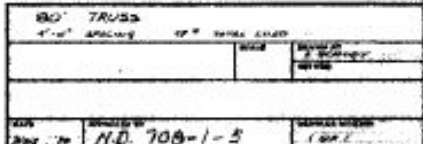




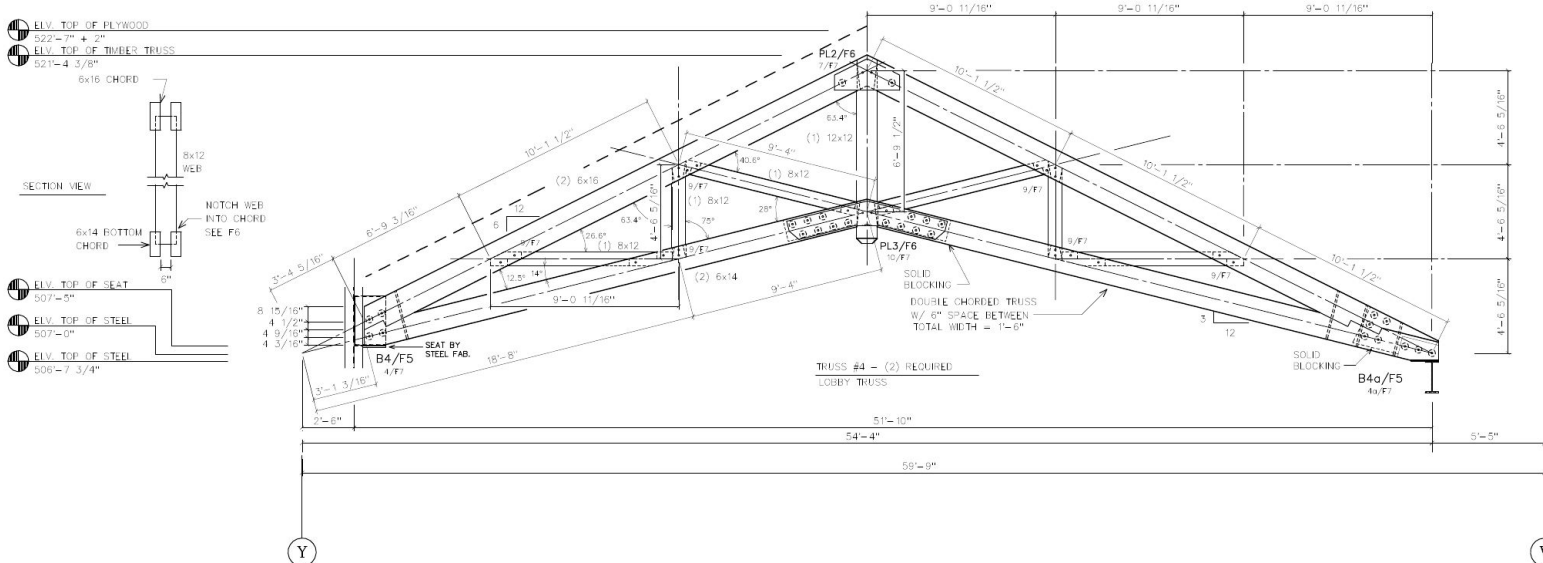
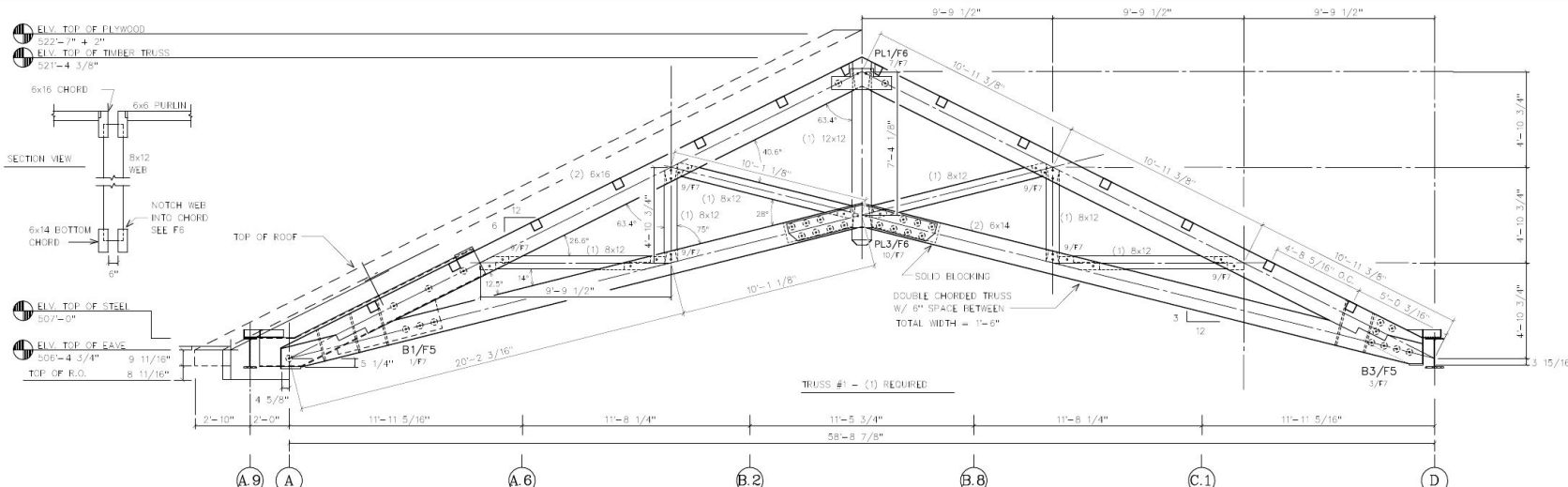


Ферма-балка с
металлодеревянными
раскосами





Лекция 18
№18/30



**VERMONT
TIMBER
WORKS**
SOUTH LONDONDERRY, VT
800-368-3444 • FAX 800-368-3444

SHOP DRAWINGS

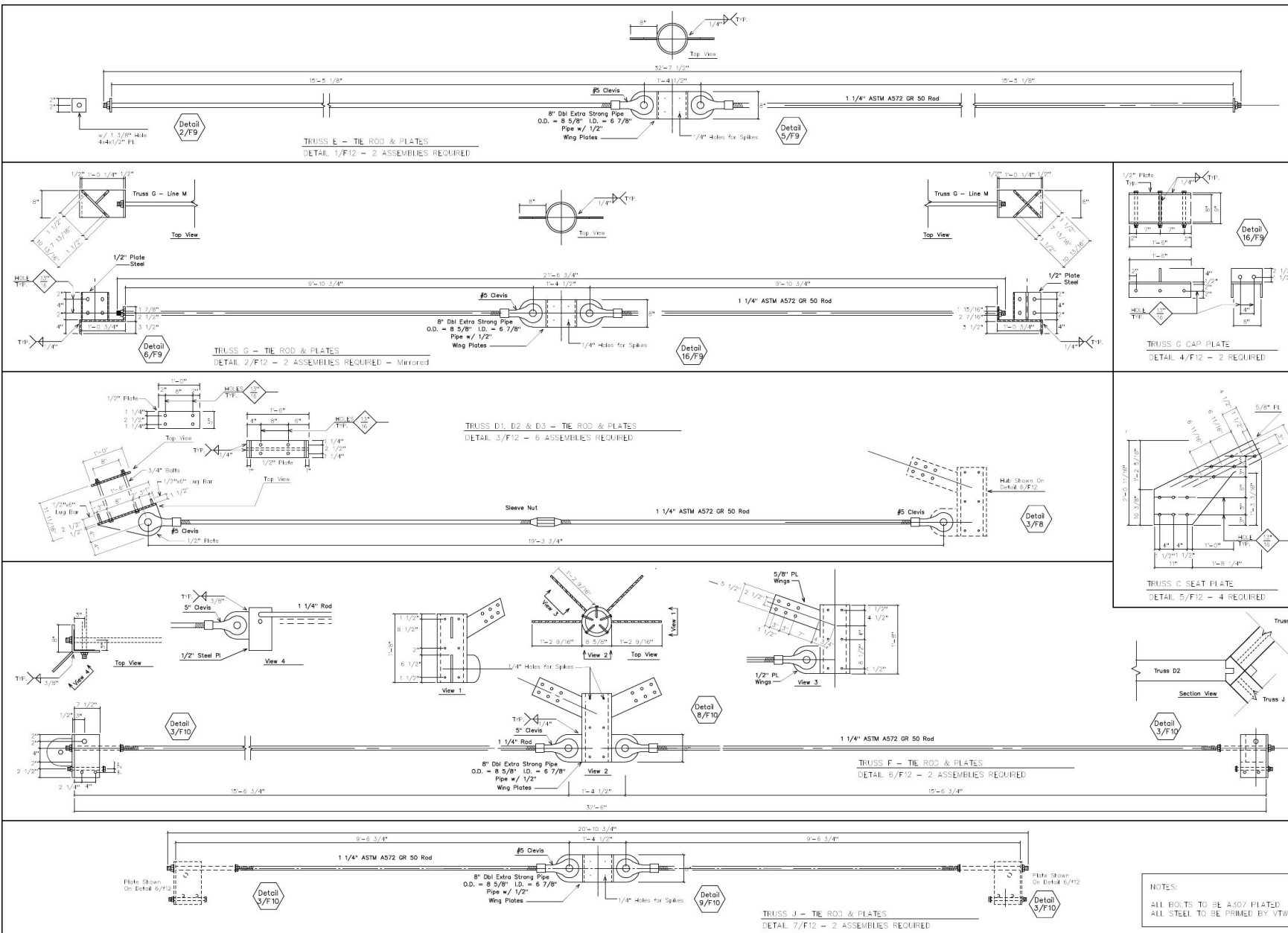
TRUSS LAYOUTS

PROJECT: CITIGROUP EXECUTIVE
ANNEX
ARMONK, NEW YORK

DRAWN : D.F.	CHECKED :
DATE : 10/25/99	
SCALE : 3/8"=1'-0"	
JOB NO. :	
SHEET	

F-2

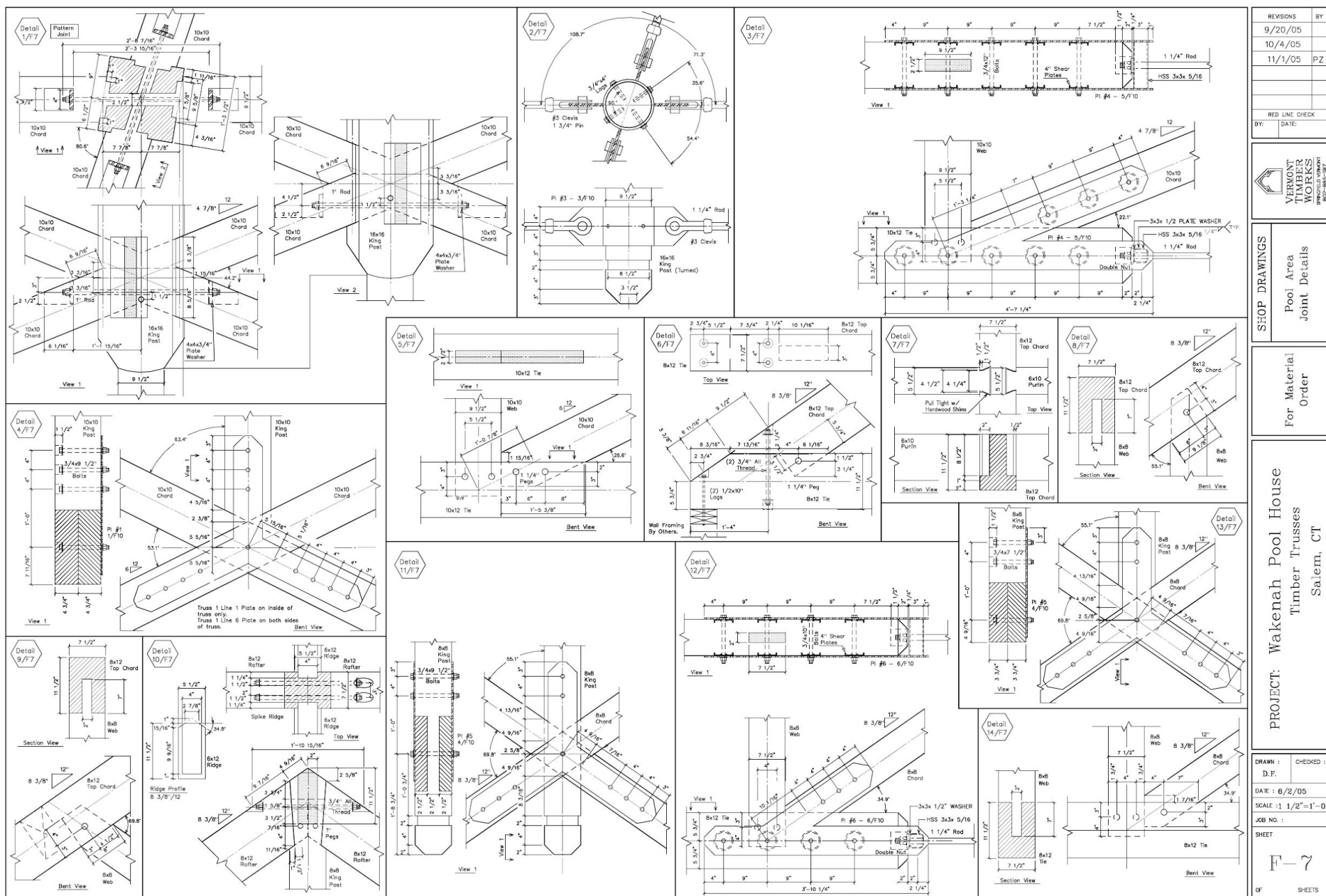
OF SHEETS

[illegible]

SHOP DRAWINGS
STEEL DETAILS

PROJECT: CAMP ABC
FRESH AIR FUND
FISHKILL, NY

DRAWN : D.F.	CHECKED :
DATE : 7/18/00	
SCALE : 1" = 1' - 0"	
JOB NO. :	
SHEET	
F-12	
OF	SHEETS



1.9 Примеры типовых ферм

Сегментная клееная ферма пролетом 23,7 м

