



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра архитектурно-строительного проектирования

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ДЕРЕВА И ПЛАСТМАСС

Методические указания к выполнению курсовой работы / проекта
для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Составитель Н. Г. Серёгин

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2020

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.011
ББК 38.55
К65

Рецензент — кандидат технических наук *Н. В. Линьков*,
доцент кафедры металлических и деревянных конструкций НИУ МГСУ

К65 **Конструкции из дерева и пластмасс** [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению курсовой работы / проекта для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / сост. : Н. Г. Серёгин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра архитектурно-строительного проектирования. — Электрон. дан. и прогр. (0,7 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru>. — Загл. с титул. экрана.

В методических указаниях приведены общие рекомендации к выполнению курсовой работы / проекта по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс».

Для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

Учебное электронное издание

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2020

Редактор, корректор *Е.В. Антошина*
Компьютерная вёрстка *В.Е. Гурьянчевой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2007, Adobe InDesign CS5, Adobe Acrobat

Подписано к использованию 08.05.2020. Объём данных 0,7 Мб.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ПАНЕЛЕЙ ПОКРЫТИЙ	6
2.1. Плиты покрытий на деревянном каркасе.....	6
2.2. Основные положения расчёта плит покрытия	7
3. ДЕРЕВЯННЫЕ ТРЕУГОЛЬНЫЕ ФЕРМЫ И МЕТОДИКА ИХ РАСЧЁТА.....	11
3.1. Конструкции деревянных треугольных ферм	11
3.2. Методика расчёта деревянных треугольных ферм	11
4. КЛЕЕДЕРЕВЯННЫЕ СТОЙКИ И ИХ РАСЧЁТ	16
5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ.....	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19
а) основная литература	19
б) дополнительная литература	19

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Конструкции из дерева и пластмасс» является углубление уровня освоения компетенций обучающегося в области применения в строительстве деревянных конструкций.

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием на курсовое проектирование. Тема курсовой работы — «Конструкции из древесины и пластмасс».

Курсовая работа состоит из пояснительной записки с расчетами ограждающих и несущих конструкций (включая колонны), компоновочных решений и технического проекта поперечника здания в объеме 1 листа чертежей формата А1.

На чертежах представляется: план покрытия, поперечники и продольные разрезы с соответствующими схемами связей пространственной жесткости (масштаб 1:100, 1:200), ограждающие и несущие конструкции (масштаб 1:40, 1:50), соответствующие узлы и соединения элементов (масштаб 1:10, 1:20), схема монтажа.

2. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ ПАНЕЛЕЙ ПОКРЫТИЙ

2.1. Плиты покрытий на деревянном каркасе

Плиты покрытий состоят из несущего деревянного каркаса, обшивок, утеплителя и пароизоляции. Пример плиты покрытия на деревянном каркасе показан на рис. 2.1 (размеры сечений элементов условные).

По конструктивным особенностям и характеру работы отдельных элементов плиты покрытия можно классифицировать: *по теплотехническим свойствам* (утеплённые и холодные); *светопропускной способности* (светопрозрачные и светонепроницаемые); *форме поверхности* (плоские и криволинейные); *материалу обшивок* (из водостойкой фанеры, из плоских асбестоцементных листов, из других листовых материалов).

При выборе конструктивной схемы покрытия здания рекомендуется, как правило, беспрогонное решение, т. е. с укладкой плит непосредственно по несущим конструкциям.

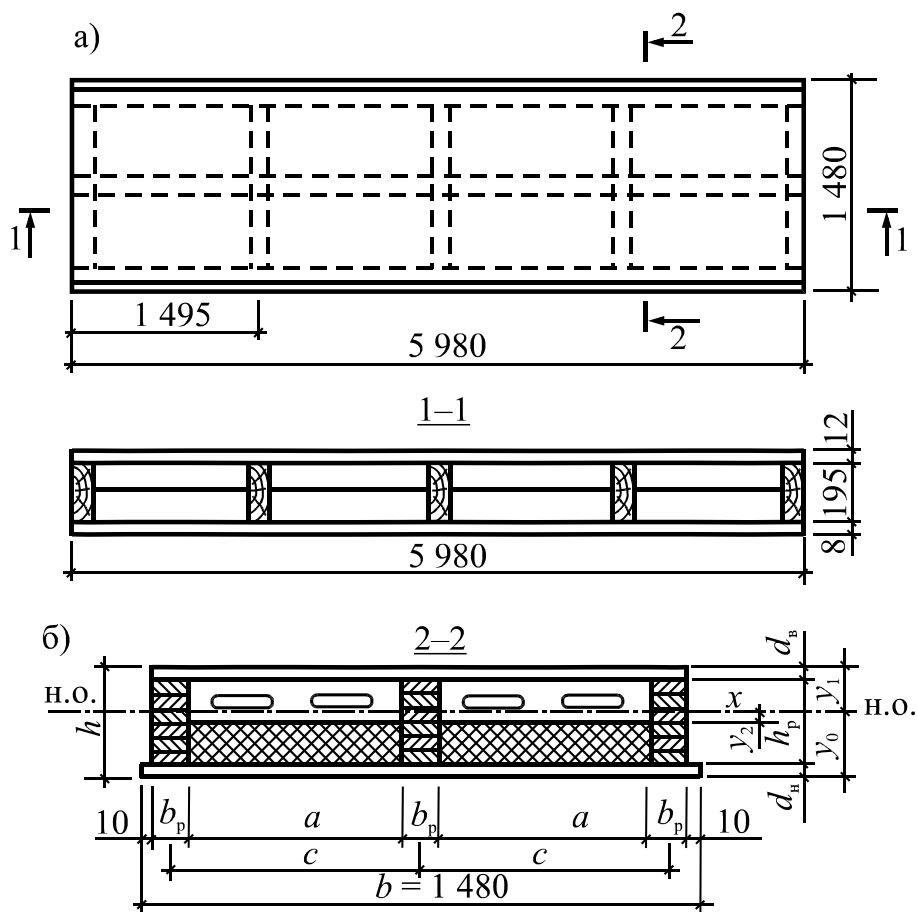


Рис. 2.1. План (а) и разрезы (б) клеефанерной плиты покрытия под рулонную кровлю

Конструкция плит зависит от назначения здания, типа несущих конструкций и материала кровли. Наибольшее применение в строительстве нашли следующие типы плит покрытия на деревянном каркасе.

Для плоских покрытий с уклонами 1 : 10; 1 : 12 и криволинейных покрытий с кровлей из рулонных материалов — клеефанерные панели с двухсторонними обшивками из водостойкой фанеры (один слой рулонного ковра наклеивается на заводе); асбестоцементные плиты с двухсторонними обшивками из плоских асбестоцементных листов; комбинированные плиты с внешней обшивкой из плоских асбестоцементных листов и внутренней обшивкой из материалов на основе древесины или пластмасс.

Для плоских покрытий с уклонами 1 : 3; 1 : 4 — комбинированные плиты с нижней обшивкой из водостойкой фанеры, плоских асбестоцементных листов или других листовых материалов и кровлей из волнистых асбестоцементных листов, стального профилированного настила, металлочерепицы или других аналогичных материалов, которые укладываются после монтажа плит.

Геометрические размеры плит назначаются следующим образом: длина плит зависит от шага несущих конструкций и обычно не превышает 6 м; ширина принимается равной 1,5...3 м; высота h предварительно задаётся в пределах 1/20...1/30 пролёта.

Каркас плит состоит из продольных и поперечных рёбер. Рёбра изготавливают из антисептированных пиломатериалов хвойных пород 2-го сорта с влажностью не более 12 % или из клеёной древесины. В необходимых случаях рёбра каркаса плит проектируются из гнутых фанерных профилей или в виде балок с плоской или волнистой фанерной стенкой. Для гнутых фанерных профилей и клефанерных балок используется водостойкая фанера марки ФСФ или бакелизированная фанера ФБС.

Расстановка продольных рёбер производится с учётом работы верхней обшивки на местный изгиб от действия расчётных нагрузок. Практически шаг продольных рёбер не превышает 0,5...0,75 м. Шаг поперечных рёбер зависит от стандартной длины материала обшивки — под стыками обшивок поперечных рёбер обязательна.

В качестве обшивок плит покрытия применяются:

- водостойкая фанера марок ФЛ, ФХ и бакелизированная фанера марки ФБС. Толщина обшивок определяется расчётом, но должна быть не менее 6 мм. Стыки фанерных обшивок осуществляют на ус или зубчатый шипом типа П-10 по ГОСТ 19414. Допускается стыкование фанеры впритык с установкой накладок. Фанерные обшивки и рёбра каркаса, склеенные между собой синтетическими клеями в одно целое, образуют коробчатое (под рулонную кровлю) или тавровое (под асбестоцементную кровлю) сечение;

- плоские асбестоцементные листы по ГОСТ 18124 размерами 1,5 × 3 м, толщиной 8–10 мм. Асбестоцементные листы крепятся к деревянному каркасу шурупами через предварительно просверленные и раззенкованные в листах обшивки отверстия диаметром на 1 мм больше диаметра шурупа. Это рекомендуется с целью предупреждения растрескивания асбестоцементного листа от различного вида деформаций во время эксплуатации. Применяются шурупы диаметром 4–5 мм и длиной 40–60 мм; шаг расстановки — 20–60 диаметров шурупа. Асбестоцементные листы рекомендуется крепить к каркасу шероховатой стороной;

- плоские или волнистые полиэфирные стеклопластики, оргстекло, поликарбонат используются для изготовления светопрозрачных плит покрытия. Сами светопрозрачные плиты покрытия делаются одно- или двухслойными. В последнем случае средний слой представляет собой сотовое, кольцевое или ребристое заполнение из тех же материалов. Светопрозрачные листы обшивки крепят к каркасу с помощью клея и шурупов.

В качестве утеплителя применяются минераловатные плиты с плотностью до 150 кг/м³, пенополистирол, пенополиуретаны и другие эффективные современные утеплители. Толщина слоя утеплителя определяется теплотехническим расчётом.

Пароизоляция в плитах бывает плёночной (из полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм по ГОСТ 10354 или аналогичных материалов) или окрасочной (эмалями типа ПФ). Пароизоляция располагается со стороны более высоких температур и защищает нижнюю фанерную обшивку или деревянный каркас в плитах с нижней обшивкой из плоских асбестоцементных листов.

В плитах покрытия должна быть обеспечена сквозная естественная вентиляция внутренних полостей наружным воздухом. В плитах под рулонную кровлю вентиляция осуществляется вдоль здания через отверстия в торцевых и поперечных рёбрах каркаса. Площадь вентиляционных отверстий определяется расчётом в зависимости от температурно-влажностного режима помещения, климатического района и протяжённости вентилируемого ската.

В плитах с одной нижней обшивкой вентиляция осуществляется в поперечном направлении через волны или гофры кровельных листов от карниза к коньку кровли.

Для защиты от гнивания древесину рёбер пропитывают антисептиком (как правило, 10 % раствором кремнефтористого аммония) методом горячих ванн или методом погружения. Фанерные обшивки окрашивают водостойкими эмалями.

2.2. Основные положения расчёта плит покрытия

Расчёт плит покрытия на деревянном каркасе производится из условия, что внешние нагрузки воспринимаются деревянными рёбрами каркаса, а обшивка из плоских листов в совместной работе с каркасом не участвует. Вместе с тем, обшивка воспринимает местные нагрузки от кровли, сне-

га, монтажные, что регламентируется толщиной материала и шагом деревянных рёбер. При расчёте принимается во внимание то, что скатная составляющая внешней нагрузки, действующая в плоскости покрытия, воспринимается обшивкой, и потому деревянные рёбра каркаса не рассчитывают на косоуз изгиб.

Количество продольных несущих рёбер определяют в основном по условию расчёта на местный изгиб в поперечном направлении верхней обшивки при действии расчётной сосредоточенной нагрузки $P = 1,2$ кН. Определяющей формулой при этом является:

$$[a] \leq R_{и} \delta^2,$$

где $[a]$ — расстояние между продольными рёбрами, м; δ — толщина обшивки, м; $R_{и}$ — расчётное сопротивление материала обшивки в поперечном направлении, МПа.

Методика конструктивного расчёта зависит от типа плиты. Рассмотрим порядок расчёта клеёфанерной плиты под рулонную кровлю, которая часто применяется в покрытиях зданий. При расчёте необходимо выполнить проверки:

– прочности верхней обшивки:

$$\sigma_c = \frac{M}{W_{пр}^{во}} \leq m_o R_c;$$

– прочности растянутой обшивки:

$$\sigma_p = \frac{M}{W_{пр}^{но}} \leq m_o R_p;$$

– устойчивости верхней обшивки:

$$\sigma_c = \frac{M}{W_{пр}^{во}} \leq \varphi R_c,$$

где M — расчётный изгибающий момент; $W^{во(но)}$ — приведённый момент сопротивления поперечного сечения верхней (нижней) обшивки; φ — коэффициент продольного изгиба обшивки, (для обшивки из фанеры: $\varphi = \frac{1250}{(a/\delta)^2}$ при $a/\delta \geq 50$; $\varphi = 1 - \frac{(a/\delta)^2}{5000}$ при $a/\delta < 50$); m_o — коэффициент, учитывающий снижение расчётного сопротивления в стыках фанерной обшивки (для фанеры марки ФСФ $m_o = 0,6$; для бакелизированной фанеры ФБС $m_o = 0,8$; при отсутствии стыков $m_o = 1$);

– прочности рёбер по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M}{I_{пр}} (y - \delta_2) \leq R_p \text{ или } \sigma = \frac{M}{I_{пр}} (h - y - \delta_1) \leq R_p,$$

где $I_{пр}$ — приведённый момент инерции сечения плиты;

– прочности рёбер по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{QS_{пр}}{I_{пр} \sum b_p} \leq R_{ск},$$

где Q — расчётная поперечная сила; $S_{пр}$ — приведённый статический момент сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси; b_p — расчётная ширина сечения, равная суммарной ширине продольных рёбер каркаса;

– прочности клеевых швов на скалывание:

$$\tau = \frac{QS_{\text{пр}}^{\text{об}}}{I_{\text{пр}} \sum b_p} \leq R_{\text{ск}}^{\text{ш}}$$

(при расчёте клефанерных панелей за $R_{\text{ск}}^{\text{ш}}$ принимают расчётное сопротивление скалыванию фанеры $R_{\text{ск}}^{\Phi}$);

– прогибов:

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^{\text{H}} l^3}{EI_{\text{пр}}} = \left[\frac{f}{l} \right].$$

Важным этапом является подсчёт геометрических характеристик $I_{\text{пр}}$, $W_{\text{пр}}^{\text{BO}}$, $W_{\text{пр}}^{\text{HO}}$, $S_{\text{пр}}$, $S_{\text{пр}}^{\text{об}}$. При этом, прежде чем их подсчитывать, необходимо найти положение нейтральной оси приведённого поперечного сечения. Расстояние y от произвольно выбранной оси x_1 (обычно за неё принимают нижнюю грань панели) до нейтральной оси определяют по формуле

$$y = \frac{S_{\text{пр}x}}{F_{\text{пр}}},$$

где $F_{\text{пр}}$ — приведённая площадь сечения, в общем случае она равна

$$F_{\text{пр}} = F_p + \frac{E^{\text{BO}}}{E_p} F^{\text{BO}} + \frac{E^{\text{HO}}}{E_p} F^{\text{HO}};$$

$S_{\text{пр}x}$ — приведённый статический момент сечения относительно оси x_1 , подсчитывается по формуле

$$S_{\text{пр}x} = S_p + \frac{E^{\text{BO}}}{E_p} S^{\text{BO}} + \frac{E^{\text{HO}}}{E_p} S^{\text{HO}}.$$

Зная положение нейтральной оси x , геометрические характеристики сечения подсчитывают следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} I_{\text{пр}} &= I_p + \frac{E^{\text{BO}}}{E_p} I^{\text{BO}} + \frac{E^{\text{HO}}}{E_p} I^{\text{HO}}; \\ W_{\text{пр}}^{\text{BO}} &= \frac{I_{\text{пр}}}{h-y}; \quad W_{\text{пр}}^{\text{HO}} = \frac{I_{\text{пр}}}{y}; \end{aligned} \right\}.$$

Выполненное приведение сделано к материалу рёбер, хотя при расчёте панели геометрические характеристики могут быть приведены также к материалу верхней или нижней обшивки.

Неравномерность распределения нормальных напряжений по ширине обшивки учитывается введением в расчёт приведённой ширины, которая подсчитывается по формуле

$$b_{\text{пр}} = \Sigma b_p + k \Sigma b,$$

где Σb_p — суммарная ширина рёбер; Σb — суммарное расстояние в свету между рёбрами; k — коэффициент, принимаемый в зависимости от отношения l/a (для фанеры $k = 0,9$ при $l/a \geq 6$ и $k = 0,15$ при $l/a < 6$).

При расчёте панелей со сплошным срединным слоем рекомендуются следующие формулы:

– для проверки прочности растянутой обшивки:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} \leq R_p m_o,$$

где $W = b\delta(h_p + \delta)$ — момент сопротивления (для симметричного сечения);

– для проверки прочности сжатой обшивки:

$$\sigma_c = \frac{M}{W} \leq [\sigma_c],$$

где $[\sigma_c]$ — предельные напряжения сжатия для верхней обшивки;

– для проверки прочности срединного слоя:

$$\sigma_c = \frac{E^H}{E_{об}} \cdot \frac{h - \delta}{h + \delta} \sigma_c \leq R_c^H (R_p^H),$$

$$\tau = \frac{Q}{h_o} \leq R_{ск}^H,$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_c^2 + 4\tau^2} \leq R_c^H (R_p^H);$$

– для проверки прогибов:

$$\frac{f}{l} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^H l^3}{D} = \left[\frac{f}{l} \right],$$

где D — жёсткость панели, определяется по формуле

$$D = \frac{1}{k} EI;$$

$k = 1 + 9,6 \frac{EI}{G_n h l^2}$ — коэффициент, учитывающий податливость срединного слоя;

$$I = b\delta \frac{(h_p + \delta)^2}{2}.$$

Более подробное разъяснение расчётных формул с уточнением коэффициентов и представлением графиков для их определения при расчёте плит покрытий приведены в работе [2].

3. ДЕРЕВЯННЫЕ ТРЕУГОЛЬНЫЕ ФЕРМЫ И МЕТОДИКА ИХ РАСЧЁТА

3.1. Конструкции деревянных треугольных ферм

Несущая способность конструкций треугольных ферм во многом определяется надёжностью их узлов. В зависимости от размеров пролётов треугольных ферм можно рекомендовать различные варианты креплений некоторых узлов.

Для треугольных ферм размером пролёта до 6 м стропильные ноги конькового узла скрепляют скобами или накладками при помощи гвоздей, в половину дерева, ригель ставят на высоте, равной половине высоты фермы, и скрепляют со стропильными ногами при помощи болтов и гвоздей, а стропильные ноги опираются прямо на стены.

Подобная конструкция подходит для малых строений с достаточно прочными стенами.

Для треугольных ферм с размером пролёта от 6 до 12 м крепление стропильных ног проводят аналогично рассмотренным выше, только между ними в середине дополнительно врезают стойку и раскосы, которые закрепляют за нижний пояс.

Треугольная ферма с размером пролёта от 10 до 16 м должна быть усилена стойками и откосами, коньковый узел выполняют аналогично рассмотренным выше, а стык нижнего пояса перекрывают при помощи двух накладок на болтах.

Треугольные фермы с размерами пролётов от 9 до 18 м рекомендуется изготавливать из брусьев и брёвен на лобовых врубках. Геометрические схемы таких ферм должны выбираться таким образом, чтобы раскосы были сжаты, а стойки растянуты. Этому требованию отвечают треугольные фермы с нисходящими раскосами.

Треугольные фермы на лобовых врубках относятся к конструкциям, которые могут быть изготовлены непосредственно на строительной площадке. В фермах на лобовых врубках наиболее целесообразно использовать брёвна, комлевые концы которых следует располагать в более напряжённых узлах. Возможность применения в треугольных фермах растянутых стоек в виде стальных тяжёлых обеспечивает возможность уменьшения провиса ферм путём подтягивания стоек.

Относительная простота изготовления треугольных ферм на лобовых врубках и возможность использования для них лесоматериала с минимальной обработкой, осуществление стыков в растянутом нижнем поясе на нагелях из круглой стали и опорных узлов на стальных хомутах повышают эксплуатационные параметры этих ферм, обеспечивая надёжность их работы.

В фермах из брусьев центрирование средних узлов в нижнем поясе выполняется в зависимости от местоположения стыков. В фермах из брёвен центрирование усилий производится по геометрической оси пояса фермы.

3.2. Методика расчёта деревянных треугольных ферм

В треугольных фермах верхний пояс при вертикальной нагрузке, направленной сверху вниз, работает на сжатие, а нижний — на растяжение. Усилия в стойках и раскосах зависят как от направления этих стержней, так и от расположения нагрузок.

Самыми ответственными элементами деревянных ферм являются стержни нижнего растянутого пояса, на работе которых в большой мере сказывается вредное влияние неизбежных в строительной древесине пороков (сучков, косослоя, трещин), поэтому при конструировании, отборе лесоматериалов, изготовлении и наблюдении за фермами во время их эксплуатации стержням нижнего пояса нужно уделять особое внимание.

С целью наиболее рационального использования достоинств конструктивных материалов, растянутые элементы деревянных ферм часто выполняют из стали. Такие фермы называют металлодеревянными.

Экономичность ферм определяется, прежде всего, расходом древесины и металла, а также трудоёмкостью изготовления и монтажа конструкции.

При оценке типов деревянных ферм в отношении расхода древесины необходимо иметь в виду, что стоимость древесины в большой мере зависит от степени обработки и сортамента применяемых лесоматериалов. Так, стоимость окантованных брусьев почти в 1,5, досок в 2, а чистообрезных брусьев примерно в 2,5...3 раза выше стоимости круглых лесоматериалов.

Основными предпосылками к проектированию треугольных ферм являются:

- сжатый верхний пояс изготавливается из дерева — бруса сечением $b_{\text{вп}} \times h_{\text{вп}}$ (при этом $h_{\text{вп}} \geq b_{\text{вп}}$). Верхний пояс имеет постоянное поперечное сечение по всей длине;
- сжатые стержни решётки (раскосы) выполняются из деревянного бруса сечением $b_{\text{р}} \times h_{\text{р}}$ (может быть $h_{\text{р}} < b_{\text{р}}$). Раскосы могут иметь отличающиеся поперечные сечения;
- растянутый нижний пояс проектируется деревянным — из бруса сечением $b_{\text{нп}} \times h_{\text{нп}}$ (при этом $h_{\text{нп}} > b_{\text{нп}}$);
- все элементы фермы, выполненные из дерева (верхний и нижний пояса, раскосы), имеют прямоугольное поперечное сечение с равной шириной, т. е. $b_{\text{вп}} = b_{\text{нп}} = b_{\text{р}}$;
- растянутые стойки фермы выполняются из стальных тяжёлых.

Принят следующий порядок расчёта треугольных ферм:

- Определение узловых нагрузок, действующих на ферму.
- Определение усилий в стержнях фермы.
- Подбор поперечного сечения нижнего пояса.
- Подбор поперечного сечения верхнего пояса.
- Подбор сечений раскосов.
- Подбор сечений стоек.
- Расчёт и конструирование опорного узла.
- Расчёт и конструирование промежуточных узлов.

Рекомендуется после выполнения первых шести пунктов этого перечня сразу же приступить к вычерчиванию фермы и в дальнейшем вести расчёт и конструирование параллельно.

При определении узловых нагрузок принимается, что все нагрузки, включая собственный вес фермы, приложены к узлам верхнего пояса, в виде сосредоточенных сил G и P . Сила G обусловлена действием постоянной нагрузки от собственного веса. Сила P обусловлена действием временной снеговой нагрузки.

Постоянная расчётная узловая нагрузка определяется по формуле:

$$G = (g + g_{\text{св}})ad / \cos \alpha,$$

где g — полная расчётная постоянная нагрузка на 1 м^2 поверхности кровли; $g_{\text{св}}$ — расчётное значение собственного веса фермы, приведенное к 1 м^2 поверхности кровли; a — шаг ферм; d — длина горизонтальной проекции панели фермы, назначается в пределах $1,6\text{--}2,5 \text{ м}$; α — угол наклона верхнего пояса.

Нагрузку g можно определить так:

$$g = g_1 + g_2 + g_3,$$

где g_1 — собственный вес 1 м^2 покрытия (кровля, настилы, утеплитель) с учётом коэффициента надёжности по нагрузке g_f (при учёте собственного веса утеплителя $g_f = 1,2$, для остальных материалов $g_f = 1,1$); g_2 — собственный вес прогона, отнесенный к 1 м^2 площади покрытия:

$$g_2 = A_{\text{пр}} \gamma_f (1/d),$$

где $A_{\text{пр}}$ — площадь поперечного сечения прогона; γ_f — объёмный вес древесины; g_3 — собственный вес стропильной ноги, отнесенный к 1 м^2 площади покрытия:

$$g_3 = A_{\text{стр}} \gamma_f (1/C),$$

где $A_{\text{стр}}$ — площадь поперечного сечения стропильной ноги; C — расстояние между стропильными ногами (шаг стропил).

Нагрузка $g_{\text{св}}$ определяется по формуле:

$$g_{\text{св}} = \frac{g + P_{\text{сн}}}{(1000 / l k_{\text{св}}) - 1},$$

где $P_{\text{сн}}$ — расчётная снеговая нагрузка на 1 м^2 поверхности кровли; l — пролёт фермы; $k_{\text{св}}$ — коэффициент, зависящий от типа и конструкции фермы, принимаемый для треугольных ферм ориентировочно равным 4,5...6,0.

Меньшие значения коэффициента $k_{\text{св}}$ принимают при небольших пролётах и нагрузках, большие — для ферм с подвесными потолками и надстройками. Ошибка в весе фермы, которая может выявиться после окончания проектирования, незначительно отражается на усилиях в элементах фермы, так как собственный вес фермы составляет небольшую часть всей нагрузки на ферму.

Временная узловая нагрузка определяется по формуле:

$$P = P_{\text{сн}} a \frac{d}{\cos \alpha}.$$

Кроме вертикальных нагрузок, на фермы также действуют горизонтальные ветровые нагрузки. Однако при принятых углах наклона кровли $\alpha < 30^\circ$, согласно действующим нормам проектирования, ветровые нагрузки на фермы не учитываются.

При определении усилий в стержнях фермы все нагрузки считают приложенными в узлах верхнего пояса в виде сосредоточенных сил G и P , узлы при этом считают шарнирными. Определение усилий можно производить аналитическим, графическим способом (диаграмма Кремона) или с помощью компьютерных программ. В настоящем пособии рассмотрен метод с использованием числовых таблиц усилий от некоторых условных единичных нагрузок.

Расчёт ферм должен установить наибольшие усилия, которые могут возникнуть в каждом элементе фермы при самой невыгодной для этого элемента комбинации временных нагрузок.

Временная нагрузка может быть распределена по всему пролёту фермы или распределена односторонне на половине пролёта фермы.

Отметим, что постоянная нагрузка (собственный вес) всегда распределена по всему пролёту фермы.

Для работы поясов наихудшие условия получаются при временной нагрузке, распределённой по всему пролёту фермы.

Усилия в решётке ферм обычно достигают наибольших значений при односторонней временной нагрузке на половине пролёта фермы.

Максимальное усилие в стержнях от реальной постоянной и временной нагрузки определяют как

$$N_{\text{max}} = N_{\text{ед}} (G + P).$$

Нижний пояс треугольных ферм, рассматриваемых в настоящем расчёте, будем проектировать деревянным, из брусьев прямоугольного поперечного сечения $b_{\text{нп}} \times h_{\text{нп}}$.

Расчёт нижнего пояса треугольной фермы сводится к нахождению минимальной площади поперечного сечения пояса, обеспечивающей надёжную работу конструкции.

Размеры сечения окончательно определяются при расчёте опорного узла и стыковых сопряжений.

Сечение нижнего пояса делается постоянным по всей длине фермы. Для нахождения площади сечения нижнего пояса берут наиболее напряжённые стержни. Как уже было отмечено, они расположены в треугольных фермах в опорной панели.

Нижние пояса работают на растяжение. При правильном решении узлов фермы и при отсутствии в рассматриваемой панели перелома оси пояса в стыке, растягивающую силу можно считать приложенной центрально.

Условие прочности нижнего пояса можно записать как

$$\sigma = \frac{N_{\text{нп}}}{A_{\text{нт}}} \leq R_{\text{п}} m_{\text{в}} m_{\text{о}},$$

где $N_{\text{нп}}$ — максимальное растягивающее усилие в элементах нижнего пояса; $A_{\text{нт}}$ — площадь поперечного сечения нетто нижнего пояса (с учётом возможных ослаблений сечения), принимаемая обычно: $A_{\text{нт}} = 0,75A_{\text{бр}}$, — если конструкция опорного узла на натяжных хомутах; $A_{\text{нт}} = 0,67A_{\text{бр}}$, —

если опорный узел на лобовой врубке (здесь $A_{бр}$ — полная площадь поперечного сечения); R_p — расчётное сопротивление древесины растяжению; m_b — коэффициент условий работы, учитывающий условия эксплуатации конструкции; m_o — коэффициент условий работы, учитывающий ослабление поперечного сечения, $m_o = 0,8$.

Выбор конструкции опорного узла фермы на данном этапе расчёта осуществляется ориентировочно: при сравнительно больших усилиях в нижнем поясе ($N_{нт} \geq 90$ кН) целесообразно выбрать конструкцию на натяжных хомутах, при малых усилиях — конструкцию на лобовой врубке.

Размеры поперечного сечения следует принимать в соответствии с сортаментом пиломатериалов так, чтобы высота сечения превышала ширину в 1,5–1,9 раза.

Поперечные сечения верхних поясов треугольных ферм делаются постоянными по всей длине фермы. Расчёт ведётся по наиболее напряжённым стержням в первой панели от опоры.

Центрально сжатые верхние пояса рассчитывают на прочность и устойчивость по формулам

$$\sigma = \frac{N_{вп}}{A_{нт}} \leq R_c m_b,$$

$$\sigma = \frac{N_{вп}}{A_p \varphi} \leq R_c m_b,$$

где $N_{вп}$ — максимальное усилие в стержнях верхнего пояса; $A_{нт}$ — площадь сечения нетто верхнего пояса ($A_{нт} = 0,75A_{бр}$); A_p — расчётная площадь поперечного сечения верхнего пояса (в большинстве случаев $A_p = A_{бр}$); R_c — расчётное сопротивление древесины сжатию; φ — коэффициент продольного изгиба.

Последовательность расчёта такова. Сначала из условия прочности следует определить минимально возможное поперечное сечение верхнего пояса (заранее известно, что это прямоугольник с $b_{вп} = b_{нт}$, $h_{вп} \geq b_{вп}$).

Затем осуществляется проверка: будут ли стержни верхнего пояса с таким поперечным сечением устойчивы.

Определим гибкость стержня верхнего пояса в плоскости фермы:

$$\lambda_x = \frac{l_x}{r_x},$$

где l_x — расчётная длина стержня в плоскости фермы (равна расстоянию между узлами верхнего пояса фермы); r_x — радиус инерции поперечного сечения верхнего пояса относительно горизонтальной главной оси X :

$$r_x = 0,289h_{вп}.$$

Гибкость стержня верхнего пояса в плоскости, перпендикулярной плоскости фермы, равна:

$$\lambda_y = \frac{l_y}{r_y},$$

где l_y — расстояние между смежными прогонами; при постановке прогонов в каждом узле верхнего пояса $l_y = l_x$; r_y — радиус инерции поперечного сечения верхнего пояса относительно вертикальной главной оси Y :

$$r_y = 0,289b_{вп}.$$

Из двух величин λ_x и λ_y выбирают максимальную (она не должна превосходить предельного значения гибкости для данного элемента [1]), подставляют её в зависимость

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda_{\max}}{100} \right)^2, \text{ если } l < 70$$

или

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda^2}, \text{ если } l \geq 70$$

и определяют необходимый коэффициент j . Осуществляя проверку, делают вывод о том, достаточно ли принятое сечение в смысле обеспечения необходимой устойчивости. Если сечение недостаточно, увеличивают высоту сечения и повторяют расчёт.

Раскосы рассчитывают как центрально сжатые стержни, аналогично вышеприведенному расчёту центрально сжатых поясов. За расчётные длины раскосов l_x и l_y , принимается расстояние между центрами узлов фермы. Раскосы выполняются из деревянного бруса сечением $b_p \times h_p$. Как уже было отмечено $b_p = b_{\text{нп}} = b_{\text{вп}}$, высота сечения раскоса может быть как больше ширины сечения, так и меньше её.

4. КЛЕЕДЕРЕВЯННЫЕ СТОЙКИ И ИХ РАСЧЁТ

Клеедеревянные стойки (колонны) входят в систему поперечной рамы каркаса здания. Сплошные центрально-сжатые клеёные стойки проектируются как элементы цельного сечения и выполняются в виде пакета склеенных между собой досок, как правило, прямоугольного поперечного сечения.

Клеедеревянные стойки являются конструкциями исключительно заводского изготовления. Их формы и размеры могут быть любыми, они определяются только назначением, величиной действующих нагрузок, и не зависят от ограничений сортимента досок, применяемых для их склеивания. Размеры сечения могут превышать 1 м, а длина может достигать 10 м. Клеедеревянные стойки могут иметь квадратное и прямоугольное сечение — постоянное, переменное или ступенчатое по длине.

Высота поперечного сечения h назначается обычно в пределах (1/8...1/12) H . Ширина сечения b , как правило, принимается совпадающей со стандартной шириной досок.

В зависимости от схемы нагружения клеедеревянные стойки рассчитываются на центральное сжатие или на сжатие с изгибом и проверяются на устойчивость плоской формы деформирования.

Стойки рассчитываются на прочность по формуле:

$$\frac{N}{F} + \frac{M}{\xi W} < R_c m_b m_{cl} = R'_c.$$

Стойка проверяется на устойчивость плоской формы деформирования как сжато-изгибаемый элемент переменного сечения по формуле:

$$\frac{N}{\varphi_y R'_c F} + \left(\frac{M}{\xi W \varphi_M R'_M} \right)^n \leq 1.$$

Расчётная длина l_1 принимается равной расстоянию между закреплениями стойки в этом направлении вертикальными связями.

Кроме этого, стойки проверяются на устойчивость из плоскости рамы по формуле:

$$\frac{N}{F} \leq \varphi_y R'_c,$$

где φ_y — коэффициент продольного изгиба из плоскости, подсчитывается по гибкости $\lambda_y = l_{oy} / 0,289b$.

По формуле, приведённой выше, фактически проверяют необходимость раскрепления стоек из плоскости связями или же уточняют шаг расстановки связей по высоте стоек, который затем принимается за расчётную длину l_{oy} при подсчёте гибкости λ_y .

Стойки поперечной рамы в целях обеспечения её устойчивости и геометрической неизменяемости должны жёстко соединяться с фундаментом. Варианты таких узлов сопряжения показаны на рис. 4.1.

При жёстком сопряжении стоек с фундаментом за расчётную схему их в плоскости рамы принимают защемлённый консольный стержень. Из плоскости рамы стойки работают как стержни с шарнирными опорами по концам и в местах раскрепления их связями. Гибкость стоек не должна превышать 120.

Растягивающие усилия в анкере определяются по формуле:

$$N_a = -\frac{N_{\min}}{2} + \frac{M_{\max}}{h_0},$$

где N_{\min} — продольная сила в стойке от действия только постоянных нагрузок.

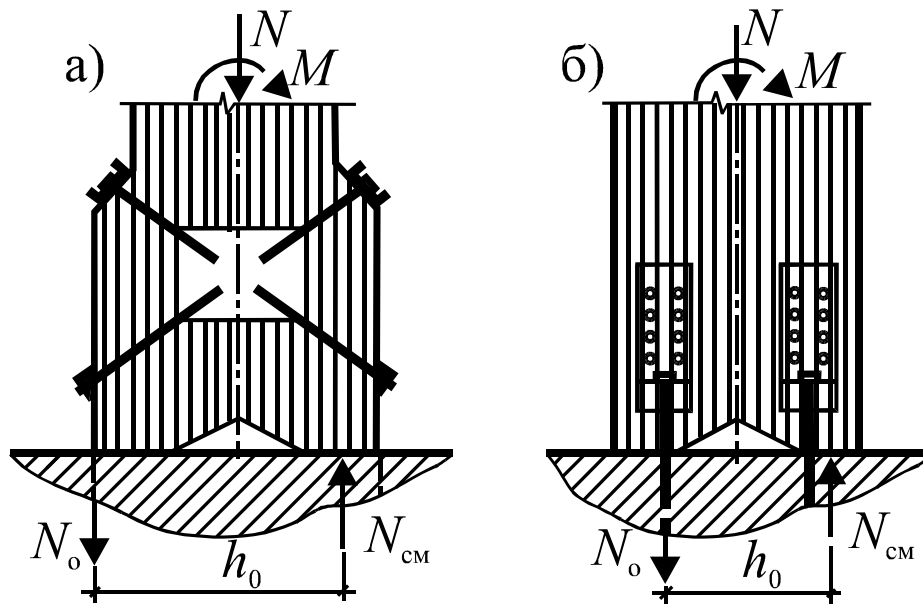


Рис. 4.1. Жёсткие узлы сопряжения стоек с фундаментами

Усилия смятия определяются как

$$N_{\text{см}} = -\frac{N_{\text{max}}}{2} - \frac{M_{\text{max}}}{h_0},$$

где N_{max} — максимальная продольная сила в стойке от действия постоянных и временных нагрузок.

На усилия N_a рассчитывается анкер на растяжение (с учётом ослабления нарезкой), а на усилия $N_{\text{см}}$ — площадка «а» на смятие. Усилия в других элементах узла определяются по найденным величинам N_a или $N_{\text{см}}$.

Более подробное разъяснение расчётных формул с уточнением коэффициентов и представлением графиков для их определения при расчёте клеедеревянных стоек приведено в работе [2].

5. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ

Процедура защиты курсовой работы определена Положением о курсовых работах (проектах) НИУ МГСУ.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме защиты курсовой работы в 7 семестре.

Перечень типовых примерных вопросов для защиты курсовой работы в 7 семестре:

1. Расчет изгибаемых составных элементов.
2. Расчет сжатых составных стержней.
3. Расчет сжато-изгибаемых элементов составного сечения.
4. Сплошные плоскостные конструкции. Основные формы, схемы и нагрузки.
5. Настилы и обрешетки. Принципы расчета.
6. Прогоны и балки. Виды. Принципы расчета.
7. Расчет и конструирование деревянных балок на пластинчатых нагелях.
8. Дощатоклееные балки. Расчет и конструирование.
9. Клеефанерные балки. Расчет и конструирование.
10. Дощатоклееные колонны. Особенности их расчета и конструирования.
11. Распорная система треугольного очертания. Расчет и конструирование.
12. Дощатоклееные арки. Особенности расчета и конструирования.
13. Дощатоклееные рамы. Особенности расчета и конструирования.
14. Панели покрытий (трехслойные) с применением пластмасс.
15. Принципы расчета трехслойных панелей.
16. Клеефанерные панели. Расчет, конструирование.
17. Сквозные деревянные конструкции. Их классификация. Примеры.
18. Конструирование и расчет балочных ферм.
19. Расчет и конструирование сегментных ферм и многоугольных ферм.
20. Расчет и конструирование треугольных ферм.
21. Распорные, сквозные конструкции.
22. Расчет и конструирование решетчатых стоек.
23. Способы обеспечения общей устойчивости деревянного здания.
24. Пространственные связи в покрытиях.
25. Обеспечение пространственной устойчивости плоскостных конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

а) основная литература:

1. *Бойтемиров Ф.А.* Конструкции из дерева и пластмасс: учебник / Ф.А. Бойтемиров – Москва: Академия, 2013. – 286 с. – ISBN 978-5-7695-953-3.

б) дополнительная литература:

2. *Гиясов Б.И.* Конструкции из древесины и пластмасс: учебное пособие / Б. И. Гиясов, Н. Г. Серёгин, Д. Н. Серёгин. – Москва: Издательство АСВ, 2018 – 400 с. – ISBN 978-5-4323-0183-3.