МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ОСНОВЫ РАСЧЁТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Методические указания к выполнению курсовой работы
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 624.011.1
ББК 38.55
О-75

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – кандидат технических наук, доцент
О.Л. Викторова (ПГУАС)

О-75 **Основы** расчёта и конструирования зданий и городских инженерных сооружений: методические указания к выполнению курсовой работы по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / Ю.М. Пучков. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 20 с.

Представлены методические рекомендации по выполнению курсовой работы на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр), приведены примеры выполнения заданий по курсовой работе, изложены требования к качеству ее выполнения, формы контроля и оценки выполнения заданий.

Подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», профилю «Городское строительство» (бакалавриат).

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016
© Пучков Ю.М., 2016

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и рабочим учебным планом дисциплины Б1.В.ДВ.13 «Основы расчёта и конструирования зданий и городских инженерных сооружений» в 6 и 7 семестрах предусматривается курсовое проектирование.

В данных методических указаниях приводятся рекомендации по выполнению в 7 семестре курсовой работы на тему «Конструкция покрытия из дерева», которая предусматривает составление эскизов деревянной фермы покрытия здания в соответствии с индивидуальным заданием, сбор нагрузок, определение расчётных усилий в элементах, подбор их сечений, конструирование и расчёт узлов сопряжений элементов, оформление пояснительной записки и выполнение чертежей в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Методические указания направлены на формирование знаний нормативной базы, принципов проектирования сооружений (ПК-1), владения методами проектирования конструкций в соответствии с заданием с использованием систем автоматизированных проектирования (ПК-2), способности разрабатывать техническую документацию и оформлять проектно-конструкторские работы в соответствии с нормативными документами (ПК-3), знания научно-технической информации по профилю деятельности (ПК-13), владения математическим моделированием и системами автоматизированными проектирования (ПК-14), способности внедрять результаты исследований и практических разработок (ПК-15).

1. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр)

При выполнении курсовой работы используется лекционный материал по курсу, а также нормативно-техническая документация. Знание курса «Сопротивление материалов» обязательно.

Индивидуальное задание выдаётся студенту на бланке ПГУАС за подписью руководителя, где указывается пролёт фермы, шаг ферм, число шагов ферм, отметка низа пояса фермы, материал кровли, угол наклона верхнего пояса фермы, шаг брусков обрешётки, снеговой район.

В соответствии с индивидуальным заданием выполняются в масштабе ***план стропил и крыши*** (совмещённый), ***поперечный и продольный разрезы здания*** со стенами из кирпича с указанием осей, необходимых размеров и отметок в соответствии с правилами оформления чертежей. При этом необходимо учитывать следующее: элементы деревянной безраскосной треугольной фермы, обрешётка выполняются из цельнодеревянных брусьев в соответствии с сортаментом пиломатериалов (ГОСТ 8486-86*Е).

Сбор нагрузок на брус обрешётки начинаем с постоянных нагрузок: а) от кровельного материала, $g_{КР.М}$, (указывается в бланке задания, в кг/м^2); б) от собственного веса бруса обрешётки, $g_{ДЕР.Б}$, при его предположительном сечении (в кН/м) и плотности древесины сосны 500 кг/м^3.

Определяем *постоянную нормативную нагрузку*:

$$g^{Н} = g_{КР.М} + g_{ДЕР.Б}, \text{ кН/м.}$$

Определяем *постоянную расчётную нагрузку* при коэффициенте надёжности по нагрузке γ_f=1,1:

$$g^{Р} = g^{Н}\gamma_f, \text{ кН/м.}$$

Вычисляем *временную нагрузку* (снеговую).

В зависимости от снегового района в задании указано значение снеговой нагрузки S_g, кг/м^2.

Полное *расчётное значение снеговой нагрузки* на горизонтальную проекцию покрытия:

$$S = S_g \cdot \mu, \text{ кг/м}^2,$$

где μ – коэффициент, принимаемый по СНиП 2.01.07-85* в зависимости от угла наклона крыши (указывается в задании).

Переходим к *расчётной погонной снеговой нагрузке:*

$$P^{Р}_{СН} = авS, \text{ кН/м,}$$

где *а* – шаг брусьев обрешётки, м; *в* – 1 м длины бруса обрешётки.

В соответствии с СНиП 2.01.07-85* *нормативное значение снеговой нагрузки* определяется умножением расчётного значения на коэффициент 0,7:

$$P^{Н}_{СН} = P^{Р}_{СН} \cdot 0{,}7, \text{ кН/м}.$$

Брус обрешётки рассчитывается по двухпролётной схеме при двух сочетаниях нагрузок: 1) постоянная + временная; 2) постоянная + сосредоточенный груз (человек) в 1 кН при коэффициенте надёжности по нагрузке 1,2.

Максимальные изгибающие моменты при сочетании нагрузок по принятым расчётным схемам:

1) постоянная + временная ($q^{Р}=g^{Р}+ P^{Р}_{СН}$):

$$M_1=[(g^{Р}+ P^{Р}_{СН})\cdot l^2]/8, \text{ кН·м},$$

где l – шаг стропильных ферм, м;

2) постоянная + P=1 кН·1,2=1,2 кН:

$$M_2=0{,}07\cdot(g^{Р}+ P^{Р}_{СН})\cdot l^2+0{,}207\cdot Р\cdot l, \text{ кН·м}.$$

Из моментов M_1 и M_2 выбирается больший (M_{max}) и по нему производятся дальнейшие расчёты.

Определяем *требуемый момент сопротивления* поперечного сечения бруса обрешётки (обрешетины):

$$W_{тр}=M_{max}/(R_{и}\cdot m_{н}), \text{ м}^3,$$

где $R_{и}$ – расчётное сопротивление древесины изгибу (СНиП II-25-80, табл.3);

$m_{н}$ – коэффициент, учитывающий кратковременность действия сосредоточенной нагрузки.

Подберём *сечение бруса обрешётки по сортаменту пиломатериалов* ГОСТ 8486-86Е (при необходимости могут быть изготовлены бруски с размерами, получаемыми путём распиловки досок на несколько равных частей согласно ГОСТ 9685-61*):

$$W_x=(b\cdot h^2)/6, \text{ см}^3;$$

в соответствии с сортаментом принимаем брус определённого сечения, при котором $W_x > W_{тр}$ (превышение не должно быть слишком большим).

Проверка прочности и прогиба бруса обрешётки, работающего на косой изгиб

В соответствии с эпюрой моментов расчётной схемы, например, 2:

$$M_{max}=(0{,}07\cdot q\cdot l+0{,}207\cdot Р)\cdot l, \text{ кН·м},$$

то есть $M_{max}= P_{max}\cdot l$, кН·м, тогда $P_{max}=(0{,}07\cdot q\cdot l+0{,}207\cdot Р)$ кН.

Для определения M_x и M_y найдём составляющие нагрузки:

$$P_x = P_{max} \cdot \cos\alpha, \text{ кН};$$

$$P_y = P_{max} \cdot \sin\alpha, \text{ кН},$$

где α – угол наклона верхнего пояса фермы.

Тогда изгибающие моменты от действия сил P_x и P_y:

$$M_x = P_x \cdot l, \text{ кН·м},$$

$$M_y = P_y \cdot l \text{ кН·м}.$$

Геометрические характеристики сечения бруса обрешётки:

$$W_x = (b \cdot h^2)/6, \text{ см}^3;$$

$$W_y = (b^2 \cdot h)/6, \text{ см}^3;$$

$$I_x = (b \cdot h^3)/12, \text{ см}^4;$$

$$I_y = (b^3 \cdot h)/12, \text{ см}^4.$$

Проверка прочности:

$$M_x/W_x + M_y/W_y < R_и, \text{ МПа}.$$

Проверка прогиба бруса обрешётки производится только на *нормативные нагрузки* от собственного веса и временной (снег), расчётная схема 1, при этом максимальная величина прогиба для 2-пролётной балки (бруса обрешётки) подсчитывается по формуле

$$f = (2{,}13/384) \cdot [(q^н\, l^4)/EI], \text{ см}.$$

Проверка прогиба:

$$f/l < [1/150],$$

то есть прогиб бруса обрешётки не должен превышать 1/150 части от расстояния между фермами.

Расчёт бруса верхнего пояса фермы целесообразно начинать с определения его длины при известном пролёте фермы и угле наклона верхнего пояса, а также с подсчёта количества брусков обрешётки, укладываемых по одному брусу верхнего пояса. Это необходимо для *сбора нагрузок*.

Постоянная нагрузка:

– от кровельного материала (указывается в задании в кг/м^2), $g_{кр.м}$, кН/м;

– от *x* сосновых брусков, укладывающихся на 1 м длины верхнего пояса фермы и имеющих определённое сечение, $g_б$, кН/м;

– от собственного веса 1 м стропильного бруса (верхнего пояса) при его предположительном сечении, $g_{стр.б}$, кН/м.

Постоянная нормативная нагрузка:

$$g^н = g_{кр.м} + g_б + g_{стр.б}, \text{ кН/м}.$$

Постоянная расчётная нагрузка при коэффициенте надёжности по нагрузке γ_f=1,1:

$$g^{р}= g^{н} \cdot 1{,}1, \text{ кН/м.}$$

Временная нагрузка (снег):

расчётное значение снеговой нагрузки:

$$S=S_g \cdot \mu, \text{ кг/м}^2;$$

$$P^{Р}_{СН}=a\ b\ S, \text{ кН/м;}$$

нормативное значение снеговой нагрузки:

$$P^{Н}_{СН} = P^{Р}_{СН}\ 0{,}7.$$

Расчётное значение нагрузки при сочетании «постоянная+временная»:

$$q=g_р+ P^{Р}_{СН}, \text{ кН/м.}$$

С учётом угла наклона верхнего пояса фермы:

$$q_y=q \cos\alpha, \text{ кН/м,}$$

$$q_z= q \sin\alpha, \text{ кН/м,}$$

$$N= q_z\ l, \text{ кН,}$$

здесь l – длина верхнего элемента фермы, м.

Получаем расчётную схему «сжатие с изгибом».

Проверка нижнего элемента на скалывание:

$$\tau_{ск}=N_р/A_{ск} \leq R^{ср}_{ск},$$

где $N_р$ – растягивающее усилие в нижнем элементе, кН;

$A_{ск}=b\ l_{ск}$ – площадь скалывания, см^2;

b – ширина нижнего элемента, см;

$l_{ск}$ – длина площадки скалывания, см;

$R^{ср}_{ск}$ – среднее по площади скалывания расчётное сопротивление древесины скалыванию, подсчитывается по формуле

$$R^{ср}_{ск}=R_{ск}/\{1+[\beta(l_{ск}/e)]\};$$

здесь коэффициент β принимается равным 0,25, как для одностороннего скалывания, а плечо сил скалывания e – половине высоты нижнего пояса.

Проверка прочности ослабленного сечения нижнего элемента:

$$\sigma_р=N_р/A_{нт} \leq m_о\ R_р,$$

где $N_р$ – растягивающее усилие в нижнем элементе, кН;

$A_{нт}$ – площадь ослабленного сечения ($A_{нт}=A_{бр}–A_{осл}=b\ h–h_{вр}\ b$) , см^2;

$m_о$ – коэффициент, учитывающий наличие ослаблений в растянутом элементе ($m_о$=0,8);

$R_р$ – расчётное сопротивление древесины растяжению.

Расчёт упора (контактное соединение)

Упоры встречаются в местах опирания балок, ферм на стены. Расчёт сводится к проверке напряжений смятия по контактным поверхностям в деревянном элементе, в котором силы сжатия действуют перпендикулярно волокнам. Проверка производится по формуле

$$\sigma_{см}=N/A_{см} \leq R_{см90},$$

где N – сила сжатия, кН;

$A_{см}$ – площадь смятия (контакта), см^2;

$R_{см90}$ – расчётное сопротивление древесины смятию поперёк волокон, МПа.

Определение силы сжатия (смятия), N:

$$N= N_c \cos\alpha+b_2\, h_2\, (l/2)\, \rho\, \gamma_f,$$

где N_c – сила сжатия верхнего элемента, кН;

α – угол наклона верхнего элемента;

b_2 – ширина нижнего элемента, м;

h_2 – высота нижнего элемента, м;

l – длина нижнего элемента, м;

ρ – плотность древесины сосны, кг/м^3;

γ_f =1,1 – коэффициент надёжности по нагрузке;

$N_c \cos\alpha$ – нагрузка, передающаяся на упор от верхнего элемента фермы;

$b_2\, h_2\, (l/2)\, \rho\, \gamma_f$ – нагрузка, передающаяся на упор от половины нижнего элемента фермы.

Расчёт соединения на стальных цилиндрических нагелях

В учебных целях для ознакомления с расчётом нагельных соединений примем нижний пояс фермы составным. В месте стыка бруса нижнего элемента имеются две деревянные накладки такой же толщины и высоты, что и брус, с установленными в два ряда нагелями.

Из формулы расчёта растянутого элемента с ослаблениями

$$\sigma_р=N_р/A_{нт} \leq m_о\, R_р$$

находим требуемую площадь сечения нижнего элемента:

$$A_{нт}^{тр}= N_р/(m_о\, R_р),\ см^2.$$

Подсчитаем несущую способность нагеля.

По табл.17 СНиП II-25-80 для симметричного соединения на стальных цилиндрических нагелях несущая способность одного среза нагеля (на один шов сплачивания) равна:

– из условия смятия древесины крайнего элемента (боковой накладки):

$$T_{см\,a}=0{,}8\, a\, d,\ кН;$$

– из условия смятия древесины среднего ряда (нижнего элемента):

$$T_{см\ с}=0{,}5\ c\ d,\ кН;$$

– из условия изгиба нагеля:

$$T_{и}=1{,}8\ d^2+0{,}02\ a^2,\ кН,$$

где a – толщина крайних элементов, см;

c – толщина среднего элемента, см;

d – диаметр нагеля, см.

За несущую способность среза нагеля принимаем T_{min}, кН, из величин $T_{см\ a}$, $T_{см\ с}$, $T_{и}$.

При двух боковых накладках (крайних элементах) нагель 2-срезный, поэтому его несущая способность:

$$T_{наг}=2\ T_{min},\ кН.$$

Необходимое количество нагелей с каждой стороны стыка должно быть не менее:

$$n \geq N_{р}/T_{наг},\ шт.$$

Расстановку нагелей производят в соответствии с правилами, приведёнными в пп. 5.18–5.19 СНиП II-25-80.

Далее вычерчиваются на форматных листах с соблюдением всех правил оформления чертежей: план стропил и крыши (совмещённый), продольный разрез, поперечный разрез здания (М 1:50), ферма в трёх проекциях (М 1:5) с таблицей «Спецификация элементов», узел лобовой врубки в трёх проекциях (М 1:2), коньковый узел в трёх проекциях (М 1:2), узел нагельного соединения в трёх проекциях (М 1:2), таблица «Требуется изготовить». Рекомендуемый формат листов – А-2.

Пояснительная записка выполняется на листах формата А-3.

2. Примеры выполнения заданий по курсовой работе на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр)

Исходные данные: материал – древесина сосны; кровля – стальной кровельный лист; шаг брусков обрешётки – 0,25 м; шаг ферм – 1,2 м; наклон верхнего элемента фермы – 45°; снеговой район – III.

Брус обрешётки **(при грузовой площади 1 м × 0,25 м):**

постоянная нормативная нагрузка:

$$g^{Н}= g_{КР.М}+ g_{ДЕР.Б}=0{,}0098+0{,}0125=0{,}0223 \text{ кН/м};$$

постоянная расчётная нагрузка при коэффициенте надёжности по нагрузке γ_f=1,1:

$$g^{Р}= g^{Н}\gamma_f=0{,}0223\ 1{,}1=0{,}0245 \text{ кН/м};$$

расчётное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия:

$$S= S_g\cdot\mu=180\ 0{,}4=72 \text{ кг/м}^2;$$

расчётная погонная снеговая нагрузка:

$$P^{Р}_{СН}=a\cdot в\ S=0{,}25 \text{ м } 1 \text{ м } 72 \text{ кг/м}^2=18 \text{ кг/м}=0{,}18 \text{ кН/м};$$

нормативное значение снеговой

$$P^{Н}_{СН}= P^{Р}_{СН}\cdot 0{,}7=0{,}18\ 0{,}7=0{,}126 \text{ кН/м}.$$

Максимальные изгибающие моменты при сочетании нагрузок по принятым расчётным схемам:

1) постоянная + временная ($q^{Р}=g^{Р}+ P^{Р}_{СН}$):

$$M_1=[(g^{Р}+ P^{Р}_{СН})\cdot l^2]/8=[(0{,}0245 +0{,}18)\cdot 1{,}2^2] / 8=0{,}037 \text{ кН·м},$$

где l – шаг стропильных ферм, м;

2) постоянная + P=1 кН·1,2=1,2 кН:

$$M_2=0{,}07\cdot(g^{Р}+ P^{Р}_{СН})\cdot l^2+0{,}207\cdot P\cdot l=0{,}07\cdot(0{,}0245 + 0{,}18)\cdot 1{,}2^2+0{,}207\cdot 1{,}2\ 1{,}2=0{,}319 \text{ кН·м}.$$

Наиболее невыгодным сочетанием нагрузок является второе, где $M_2=M_{max}$=0,319 кН·м.

Требуемый момент сопротивления поперечного сечения бруса обрешётки (обрешетины):

$$W_{тр}=M_{max}/(R_{и}\cdot m_{н})=0{,}319 \text{ кН·м}/(8{,}5\ 10^6 \text{Н/м}^2)\ 1{,}2= =0{,}319 \text{ кН·м}/(8{,}5\ 10^3 \text{ кН/м}^2)\ 1{,}2=0{,}0000312 \text{ м}^3=31{,}2 \text{ см}^3.$$

Для бруска обрешётки сечением 6×6 см:

$$W_x=(b\cdot h^2)/6=(6\cdot 6^2)/6=36 \text{ см}^3.$$

W_x=36 см^3 >$W_{тр}$=31,2 см^3 (принимаем брус обрешётки сечением 6×6 см).

Проверка прочности и прогиба бруса обрешётки, работающего на косой изгиб

В соответствии с эпюрой моментов расчётной схемы 2:

$$M_{max}=(0{,}07\cdot q\cdot l+0{,}207\cdot P)\cdot l,\ \text{кН·м},$$

то есть $M_{max}= P_{max}\cdot l$, кН·м,
тогда $P_{max}=(0{,}07\cdot q\cdot l+0{,}207\cdot P)= [0{,}07\cdot(0{,}0245+0{,}18)\cdot 1{,}2+0{,}207\cdot 1{,}2]=0{,}265$ кН.

Для определения M_x и M_y найдём составляющие нагрузки:

$$P_x= P_{max}\cdot\cos\alpha= 0{,}265\ \text{кН}\cdot\cos 45^o= 0{,}265\ \text{кН}\cdot 0{,}7071=0{,}187\ \text{кН};$$

$$P_y= P_{max}\cdot\sin\alpha=\cdot 0{,}265\ \text{кН}\ \sin 45^o=0{,}265\ \text{кН}\cdot 0{,}7071=0{,}187\ \text{кН},$$

где α – угол наклона верхнего пояса фермы.

Тогда изгибающие моменты от действия сил P_x и P_y:

$$M_x= P_x\cdot l=0{,}187\ 1{,}2=0{,}224\ \text{кН·м},\ M_y= P_y\cdot l= 0{,}187\ 1{,}2=0{,}224\ \text{кН·м}.$$

Геометрические характеристики сечения бруса обрешётки:

$$W_x=(b\cdot h^2)/6=(6\cdot 6^2)/6=36\ \text{см}^3,\ W_y=(b^2\cdot h)/6=(6^2\cdot 6)/6=36\ \text{см}^3,$$

$$I_x=(b\cdot h^3)/12=(6\cdot 6^3)/12=108\ \text{см}^4,\ I_y=(b^3\cdot h)/12=(6^3\cdot 6)/12=108\ \text{см}^4.$$

Проверка прочности бруса обрешётки:

$$M_x/W_x+M_y/W_y < R_и=0{,}224\ 10^3/36+0{,}224\ 10^3/36=$$
$$=12{,}4\ \text{МПа} > R_и=8{,}5\ \text{МПа (сосна III сорта)};$$

$$M_x/W_x+M_y/W_y < R_и=0{,}224\ 10^3/36+0{,}224\ 10^3/36=$$
$$=12{,}4\ \text{МПа} < R_и=13\ \text{МПа (сосна II сорта)}.$$

Вывод. При данных расчётных условиях древесина сосны III сорта для бруска обрешётки сечением 6×6 см не подходит. Подходит сосна II сорта.

Проверка прогиба бруса обрешётки производится только на *нормативные нагрузки* от собственного веса и временной (снег), расчётная схема 1, при этом максимальная величина прогиба для 2-пролётной балки (бруса обрешётки) подсчитывается по формуле

$$f=(2{,}13/384)\cdot[(q^н\cdot l^4)/EI],\ \text{см},$$

где модуль упругости сосны $E=0{,}1\ 10^6$ кг/см^2;

постоянная нормативная нагрузка $g^Н=0{,}0223$ кН/м;

нормативное значение снеговой нагрузки $P^Н_{СН}=0{,}126$ кН/м;

нормативная нагрузка в 1-м сочетании нагрузок $q^н=0{,}0223+0{,}126=$ $=0{,}148$ кН/м=0,148 кг/см;

расстояние между фермами l=120 см;

момент инерции поперечного сечения бруса обрешётки I=108 см^4.

$$f=(2{,}13/384)\cdot[(q^н l^4)/EI]=(2{,}13/384)\ [(0{,}148\cdot 120^4)/(0{,}1\cdot 10^6)\cdot 108]=0{,}02\ \text{см}.$$

Проверка прогиба

$$f/l=0{,}02/120=1/6000<[1/150],$$

то есть прогиб бруса обрешётки не превышает 1/150 части от расстояния между фермами.

Расчёт бруса верхнего пояса фермы **(при грузовой площади 1 м × 1,2 м):**

Постоянная нормативная нагрузка:

$$g^{н}= g_{кр.м}+ g_{б}+ g_{стр.б}=0{,}047+0{,}108+0{,}1=0{,}255 \text{ кН/м}.$$

Постоянная расчётная нагрузка при коэффициенте надёжности по нагрузке γ_f=1,1:

$$g^{р}= g^{н}\cdot 1{,}1=0{,}255\cdot 1{,}1=0{,}28 \text{ кН/м}.$$

Расчётное значение снеговой нагрузки:

$$S=S_g\cdot\mu=180\ 0{,}4=72 \text{ кг/м}^2;$$

$$P^{Р}_{СН} =a\ b\ S=1{,}2 \text{ м}\cdot 1 \text{ м}\cdot 72 \text{ кг/м}^2=86{,}4 \text{ кг/м}=0{,}864 \text{ кН/м}.$$

Нормативное значение снеговой нагрузки:

$$P^{Н}_{СН}= P^{Р}_{СН}\ 0{,}7=0{,}864\ 0{,}7=0{,}605 \text{ кН/м}.$$

Расчётное значение нагрузки при сочетании «постоянная+временная»:

$$q=g_{р}+ P^{Р}_{СН}=0{,}28+0{,}864=1{,}144 \text{ кН/м}.$$

С учётом угла наклона верхнего пояса фермы:

$$q_y=q\ \cos\alpha=1{,}144\ \cos 45^{o}=1{,}144\ 0{,}7071=0{,}809 \text{ кН/м};$$

$$q_z= q\ \sin\alpha=1{,}144\ \sin 45^{o}= 1{,}144\ 0{,}7071=0{,}809 \text{ кН/м};$$

$$N= q_z\ l=0{,}809 \text{ кН/м } 4{,}25 \text{ м } =3{,}44 \text{ кН},$$

где l – длина верхнего элемента фермы.

Получаем расчётную схему «сжатие с изгибом».

Проверка прочности верхнего пояса фермы сечением 50 × 150 мм:

$$(N/A_{нт})+(M/\xi\ W_{нт}) \le R_{с}, \text{ МПа},$$

величину коэффициента ξ подсчитываем по формуле

$$\xi=1 – [(\lambda^2\ N) / (3000\ A_{нт}\ R_{с})].$$

Предварительно подсчитываем величины, входящие в формулы:

$A_{нт}=b\cdot h=5\cdot 15=75$ см^2 (ослаблений нет);

$W_{нт}= (b\cdot h^2)/6=(5\cdot 15^2)/6=187{,}5$ см^3;

$M_{max}=(q\cdot l^2)/8=(0{,}809\cdot 4{,}25^2)/8=1{,}83$ кН м;

$I_x=(b\cdot h^3)/12=(5\cdot 15^3)/12=1406{,}25$ см^4;

$i_x=\sqrt{(I_x/A_{нт})}=\sqrt{(1406,25/5\cdot 15)}$=4,33 см;

$l_o=l\ \mu_o$=425·1=425 см;

$\lambda_x= l_o/i_x$=425/4,33=98,2 < λ_{max}=120 (СНиП II-25-80, табл.14, поз.1);

R_c=13 МПа (сосна, 2 сорт, СНиП II-25-80, табл.3).

ξ=1 – {(98,2^2·0,00344МН)/[3000 (0,05 м·0,15 м)·13 МН/м^2)]}=0,887.

Проверка прочности:

[0,00344 МН / (0,05 м·0,15 м)] + [0,00183 МН м / (0,887·187,5·10^{-6}м^3)]=

=11,46 МПа < 13 МПА= R_c.

Прочность обеспечена.

Расчёт лобовой врубки

Для сосны 2 сорта при нормальных условиях эксплуатации согласно СНиП II-25-80, табл.3, выписываем значения расчётных сопротивлений R_c=13 МПа; $R_p\ m_o$=7 0,8=5,6 МПа (СНиП II-25-80, п.3.2., и)); $R_{см90}$=3 МПа; $R_{ск}$=2,1 МПа.

Расчётное сопротивление древесины смятию под углом 45°:

$$R_{см45}=13/[1+(13/3-1)\sin^3 45^o]=5,97 \text{ МПа}.$$

Для определения требуемой высоты сечения нижнего растянутого бруса, необходимо найти глубину врубки. Определяем требуемую площадь смятия: $A_{см}^{тр}=N_c/R_{см45}$=(3,44·10^{-3} МН) / 5,97 МН/м^2=0,000576 м^2=5,76 см^2. С другой стороны, $A_{см}=(b\cdot h_{вр})/\cos 45^o$, откуда $h_{вр}^{тр}=(A_{см}\cos 45^o)/b$= =(5,76 см^2·cos45^o) / 5 см =0,8 см.

Согласно СНиП II-25-80, п.5.11 глубина врубки в брусьях должна быть не менее 2 см.

Из условия прочности нижнего растянутого элемента по ослабленному сечению находим:

$A_{нт}^{тр}=N_p/R_p\ m_o$, при $N_p= N_c\cdot\cos 45^o$=3,44 кН 0,7071=2,43 кН,

$A_{нт}^{тр}$=(2,43·10^{-3}МН) / (7 МН/м^2·0,8)=0,00043 м^2 = 4,3 см^2.

По известной площади $A_{нт}^{тр}$ находим:

$$h_2^{тр}=(A_{нт}^{тр}/b)+h_{вр}=(4,3 \text{ см}^2/5 \text{ см})+2 \text{ см}=2,86 \text{ см}.$$

В соответствии с сортаментом пиломатериалов примем для нижнего элемента брус высотой h_2=75 мм, шириной b_2=50 мм, при этом будет соблюдаться правило конструирования лобовых врубок, а именно:

$$2 \text{ см} \le h_{вр} \le (1/3)\ h_2, \text{ то есть } h_{вр}=2 \text{ см} < (1/3)\ 7,5 \text{ см}=2,5 \text{ см}.$$

Проверка нижнего элемента на скалывание

Должно выполняться условие по длине площадки скалывания:

1,5 $h_2 \le l_{ск} \le 10\ h_{вр}$, то есть в данном случае 1,5 7,5 см $\le l_{ск} \le$ 10 2 см, 11,25 см $\le l_{ск} \le$ 20 см. Примем $l_{ск}$=16 см.

Тогда

$$R_{ск}^{ср} = R_{ск}/\{1+[\beta(l_{ск}/e)]\}=$$

$$=2{,}1\ МПа\ /\ \{1+[(0{,}25\cdot 16\ см)\ /\ (7{,}5\ см\ /2)]\}=1{,}02\ МПА.$$

$A_{ск}$= 5 см·16 см=80 см^2.

$\tau_{ск}=N_р/A_{ск} \le R_{ск}^{ср}=2{,}43\cdot 10^{-3}МН\ /\ 80\cdot 10^{-4}м^2=0{,}3\ МПА < R_{ск}^{ср}=1{,}02\ МПа.$

Требование по скалыванию выполняется.

Расчёт упора

Определение силы сжатия (смятия) N:

$$N=N_с \cos 45^o+b_2\ h_2\ (l/2)\ \rho_{древ}\cdot \gamma_f =$$

$$=3{,}44\ кН\cdot 0{,}7071+0{,}05\ м\cdot 0{,}075\ м\ (6{,}32\ м/2)\ 5кН/м^3\ 1{,}1=4{,}6\ кН.$$

Размеры упора из сосны: 5 см × 18 см.

Площадь смятия (контакта): $A_{см}$=5 см·18 см=90 см^2.

$R_{см90}$=1,8 МПа (сосна, 2 сорт, см. СНиП II-25-80, табл.3).

Проверка прочности соединения:

$\sigma_{см}=N/A_{см} \le R_{см90} = 4{,}6\ 10^{-3}МН\ /\ 90\ 10^{-4}м^2=0{,}51\ МПа < 1{,}8\ МПа= R_{см90}.$

Прочность упора обеспечена.

Расчёт соединения на цилиндрических нагелях

В учебных целях для ознакомления с расчётом нагельных соединений примем нижний элемент фермы (брус) составным по длине, с деревянными накладками с двух сторон в месте стыка.

Исходные данные: $N_р$=2,43 кН, материал нижнего элемента – сосна 2 сорта, нагели – стальные d=3 мм (см. сортамент нагелей), условия эксплуатации А1 или Б1 (нормальные).

Для сосны 2 сорта с ослаблениями в сечении согласно СНиП II-25-80, табл.3, п. 2 а): $R_р\ m_о$=7 0,8=5,6 МПа. Для условий эксплуатации А1 или Б1 по табл.5, СНиП II-25-80 имеем $m_в$=1.

Находим требуемую площадь сечения нижнего элемента:

$$A_{нт}^{тр}= N_р/(m_о\ R_р)=2{,}43\ 10^{-3}МН\ /\ 5{,}6\ МПа=0{,}000434\ м^2=4{,}34\ см^2.$$

Нижний элемент в виде деревянного бруса имеет принятые ранее размеры поперечного сечения 5 см × 7,5 см=37,5см^2, что значительно превосходит требуемую величину. При этом сечение будет ослаблено двумя отверстиями под нагели (при 2-рядной расстановке нагелей).

Подсчитаем несущую способность нагеля, исходя из 3 условий (при диаметре нагеля 3 мм, толщине среднего и двух крайних элементов по 50 мм):

– из условия смятия крайнего элемента:

$$T_{см\ a}=0{,}8\ a\ d=0{,}8\cdot 5\ см\cdot 0{,}3\ см=1{,}2\ кН;$$

– из условия смятия среднего элемента:

$$T_{см\ c}=0{,}5\ c\ d=0{,}5\cdot 5\ см\cdot 0{,}3\ см=0{,}75\ кН;$$

– из условия изгиба нагеля:

$$T_{и}=1{,}8\cdot d^2+0{,}02\cdot a^2=1{,}8\cdot (0{,}3\ см)^2+0{,}02\cdot (5\ см)^2=0{,}662\ кН$$
$$(но\ не\ более\ 2{,}5\cdot d^2=2{,}5\cdot (0{,}3\ см)^2=0{,}225\ кН).$$

За несущую способность среза нагеля принимаем T_{min}= 0,225 кН.

При двух боковых накладках (крайних элементах) нагель 2-срезный, поэтому его несущая способность:

$$T_{наг}=2\cdot T_{min}=2\cdot 0{,}225\ кН=0{,}45\ кН.$$

Необходимое количество нагелей с каждой стороны стыка должно быть не менее:

$$n \geq N_р/T_{наг}=2{,}43кН\ /\ 0{,}45\ кН=5{,}4\ шт.$$

Принимаем по 6 нагелей с каждой стороны от стыка, располагая их в два ряда.

Расстановку нагелей производят в соответствии с правилами, приведёнными в пп. 5.18–5.19 СНиП II-25-80.

3. Требования к качеству выполнения курсовой работы на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр)

Курсовая работа должна быть выполнена в полном соответствии с индивидуальным заданием на курсовое проектирование, выданным студенту на бланке за подписью руководителя курсового проектирования (преподавателя).

Курсовая работа сдаётся студентом в установленные учебным планом сроки.

Графическая часть курсовой работы выполняется в компьютерной графике или традиционной графике на форматных листах в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рабочим чертежам.

Пояснительная записка должна иметь титульный лист, вшитый бланк задания, оглавление, основной текст с чёткой структурой и рубрикацией, библиографический список. Она выполняется на листах формата А-4: набирается на компьютере, печатается на пишущей машинке или аккуратно пишется от руки. В ней отражаются все этапы расчётов, приводятся необходимые формулы, таблицы, схемы.

4. Формы контроля и оценки выполнения заданий по курсовой работе на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр)

Ход выполнения студентом курсовой работы контролируется на практических занятиях и во время индивидуальных консультаций, когда студент предъявляет все имеющиеся рабочие материалы по курсовой работе. Определяется процент выполнения курсовой работы каждым студентом, сведения подаются в деканат.

Курсовая работа оценивается по системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

К общим критериям оценки курсовой работы относят:

– актуальность и степень разработки темы;

– творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах;

– уровень овладения методикой проектирования;

– правильность выполнения, практическая направленность;

– соблюдение всех требований к оформлению курсовой работы и сроков выполнения.

На ***«отлично»*** может быть оценена курсовая работа при:

– соответствии содержания заявленной теме;

– глубоком и полном раскрытии вопросов теоретической и практической частей работы;

– отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;

– глубоком и полном анализе результатов курсовой работы, верных выводов, указании их практического применения;

– высоком качестве оформления;

– представлении курсовой работы в указанные руководителем сроки;

– уверенной защите курсовой работы.

На ***«хорошо»*** может быть оценена курсовая работа при:

– соответствии содержания заявленной теме;

– наличии небольших неточностей в изложении вопросов теоретического или практического разделов, исправленных самим студентом в ходе защиты;

– отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;

– глубоком и полном анализе результатов, постановке верных выводов, указании их практического применения;

– хорошем качестве оформления курсовой работы;

– представлении курсовой работы в указанные руководителем сроки.

На ***«удовлетворительно»*** может быть оценена курсовая работа при:

– соответствии содержания заявленной теме;

– недостаточно полном раскрытии вопросов теоретической или практической части;

– наличии ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов курсовой работы, исправленных самим обучающимся в ходе защиты;

– недостаточно глубоком и полном анализе результатов;

– небрежном оформлении курсовой работы;

– представлении курсовой работы в поздние сроки;

– обнаружении ошибок и неточностей в ходе защиты курсовой работы.

На ***«неудовлетворительно»*** может быть оценена курсовая работа при:

– несоответствии содержания заявленной теме;

– нераскрытии вопросов теоретической или практической части;

– наличии грубых ошибок в изложении теоретического и практического разделов;

– отсутствии анализа результатов курсовой работы;

– низком качестве оформления курсовой работы;

– представлении курсовой работы в поздние сроки;

– обнаружении грубых ошибок в ходе защиты курсовой работы.

Библиографический список

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1988.

2. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции [Текст]. – М., 1982.

3. Вдовин, В.М. Сборник задач и практические методы их решения по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс» [Текст]: учеб. пособие / В.М. Вдовин, В.Н. Карпов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 144 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр).....4

2. Примеры выполнения заданий по курсовой работе на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр).....10

3. Требования к качеству выполнения курсовой работы на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр).....16

4. Формы контроля и оценки выполнения заданий по курсовой работе на тему «Конструкция покрытия из дерева» (7 семестр).....16

Библиографический список 18

Учебное издание

Пучков Юрий Михайлович

ОСНОВЫ РАСЧЁТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ
И ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Методические указания к выполнению курсовой работы
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Р е д а к т о р Н.Ю. Шалимова
В е р с т к а Н.В. Кучина

Подписано в печать 28.03.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,25. Тираж 80 экз.
Заказ № 224.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.