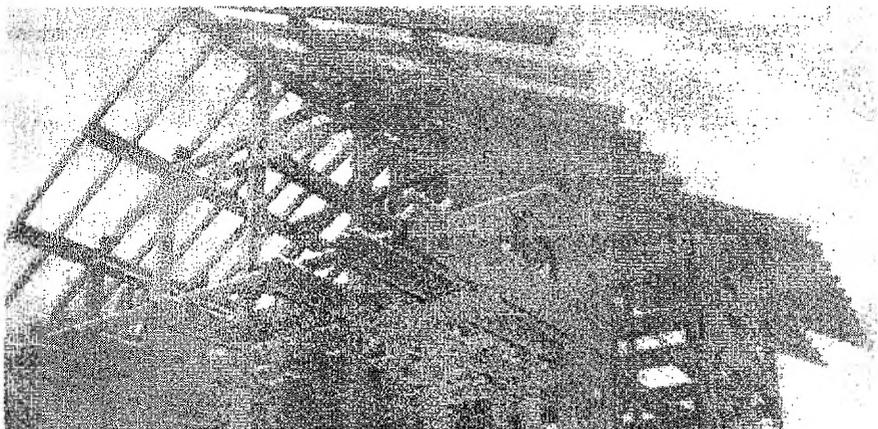


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы по дисциплине
«Конструкции из дерева и пластмасс»
для слушателей специальности 1-70 02 71
«Промышленное и гражданское строительство»
Института повышения квалификации и переподготовки



Брест 2011

УДК 624.011.01

Указания содержат информацию о конструкциях чердачного покрытия гражданского здания, основные принципы расчета и конструирования обрешетки под кровлю из штучных материалов, элементов стропильной системы, включая стропильную и подстропильную рамы.

Ил. 19, табл. 2, список использованных источников 8, приложения 3.

Составитель: В.В. Жук, к.т.н., профессор

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1 Общая часть	4
1.1 Рекомендации по выполнению контрольной работы	4
2 Порядок расчета и конструирования элементов покрытия.....	4
2.1 Определение нагрузок и расчетных сопротивлений древесины.....	4
2.2 Расчет и конструирование обрешетки	5
2.2.1 Пример 1. Расчет обрешетки под кровлю из асбестоцементных волнистых листов	7
2.3 Расчет и конструирование элементов стропильной системы	10
2.3.1 Пример 2. Расчет и конструирование стропильной рамы.....	11
2.3.1.1 Расчет стропильной ноги	13
2.3.2 Пример 3. Расчет и конструирование подстропильной рамы.....	14
2.3.2.1 Расчет стойки.....	14
2.3.2.2 Расчет прогона.....	16
Литература	17
Приложение А (справочное) Рекомендации по использованию программы«SIRIUS».....	18
Приложение Б Результаты статического расчета стропильной рамы.....	26
Приложение В Результаты статического расчета прогона.....	29

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Рекомендации по выполнению контрольной работы

Контрольная работа предусматривает разработку следующих разделов:

- расчет и конструирование обрешетки под кровлю;
- расчет и конструирование элементов стропильной системы, включая стропильную и подстропильную рамы;
- разработку мероприятий по обеспечению долговечности деревянных конструкций.

Контрольная работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. В расчетно-пояснительной записке приводятся все выполняемые расчеты с необходимыми схемами и эскизами узлов и конструкций, а также список использованной литературы. Все вычисления выполняются после предварительной записи формул, справочные данные (коэффициенты, расчетные сопротивления и т.д.) приводятся со ссылкой на литературу. Сечения деревянных элементов необходимо принимать в соответствии с сортаментом пиломатериалов (СТБ 1713-2007). При этом минимальное напряжение элементов (по первой или второй группе предельных состояний) не должно превышать 15%. Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с требованием СТ БГТУ 01-2008.

Графическая часть выполняется на листе (формат А-3), который содержит чертеж фрагмента плана раскладки стропил; чертеж наслонных стропил (разрешается вычертить половину стропильной рамы); чертеж подстропильной конструкции; спецификацию древесины; примечания. Допускается узлы соединения элементов стропильной и подстропильной рам выполнять на листах формата А-4. Все чертежи выполняются в соответствии с ЕСКД, СТ БГТУ 01-2008 и ТКП 45-5.05-146-2009.

2 ПОРЯДОК РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОКРЫТИЯ

2.1 Определение нагрузок и расчетных сопротивлений древесины

При расчете ограждающих и несущих конструкций, разрабатываемых в контрольной работе, учитываются постоянные и временные нагрузки.

Постоянные нагрузки определяются от массы кровли и собственной массы конструкций. Нормативные значения для постоянных нагрузок принимаются по проектным геометрическим и конструктивным параметрам и по средним значениям плотности с учетом данных заводов-изготовителей о фактическом весе кровельных материалов. Допускается размеры деревянных конструкций назначать ориентировочно с учетом требований нормативно-технической документации. Плотность древесины при определении собственной массы конструкции зависит от ее породы и классов условий эксплуатации и принимается по таблице 6.2 [1].

Временные нагрузки от веса снегового покрова определяются в зависимости от района по снегу в соответствии с п. 5.1...5.7 [2].

Расчетные сопротивления сосны и ели в зависимости от сорта и размеров поперечного сечения приведены в таблице 6.4 [1]. Расчетные сопротивления других пород устанавливаются путем умножения расчетных сопротивлений, приведенных в таблице 6.4 [1], на переходные коэффициенты K_{tr} , указанные в таблице 6.5 [1]. Расчетные сопротивления

умножают на значение коэффициента K_{mod} (таблица 6.3 [1]) в зависимости от класса условий эксплуатации и вида нагрузки. Модуль упругости древесины вдоль волокон независимо от породы принимается равным $E_0=8500$ МПа (П.6.1.5.1 [1]). Модуль упругости древесины для конструкций, находящихся в различных условиях эксплуатации, следует определять путем умножения его величины на коэффициент K_{mod} (таблица 6.3 [1]).

При проектировании конструкций класс ответственности зданий и сооружений учитывают коэффициентом надежности по назначению γ_n : класса I – 1,0; класса II – 0,95; класса III – 0,9 (стр. 34 [2]).

При расчете конструкций расчетные сопротивления и модуль упругости древесины следует делить на коэффициент γ_m , либо умножать на коэффициент γ_{ns} нормативные или расчетные нагрузки в зависимости от вида расчета.

2.2 Расчет и конструирование обрешетки

Обрешетка принимается в качестве основания под кровлю из штучных материалов. Шаг досок или брусков определяется видом кровельного материала. При устройстве обрешетки следует иметь в виду, что доски или бруски должны иметь длину, достаточную для перекрытия не менее двух пролетов. Обрешетка под кровлю рассчитывается на прочность и жесткость как двухпролетная неразрезная балка с пролетами l_d , равными шагу стропил, на следующие сочетания нагрузок (рисунок 2.1, а и б):

- постоянная и временная от снега - расчет на прочность и жесткость;
- постоянная и временная от сосредоточенного груза 1 кН с коэффициентом надежности по нагрузке, равным 1,2 – расчет только на прочность.

Нагрузку от сосредоточенного груза следует передавать на одну обрешетину при расстоянии между осями обрешетки более 150 мм и на две обрешетины, если расстояние между осями обрешетки менее 150 мм (п. 10.2.3 [1]).

Так как плоскость действия нагрузки не совпадает с главными осями сечения (рисунок 2.1, в), то обрешетину рассчитывают на косой изгиб.

Расчет элементов цельного сечения на прочность при косом изгибе производится по формуле:

$$\sigma_{m,d} = M_{x,d} / W_{x,d} + M_{y,d} / W_{y,d} \leq f_{m,d}, \quad (2.1)$$

где $M_{x,d}$, $M_{y,d}$ – составляющие расчетного изгибающего момента для главных осей сечения x и y ;

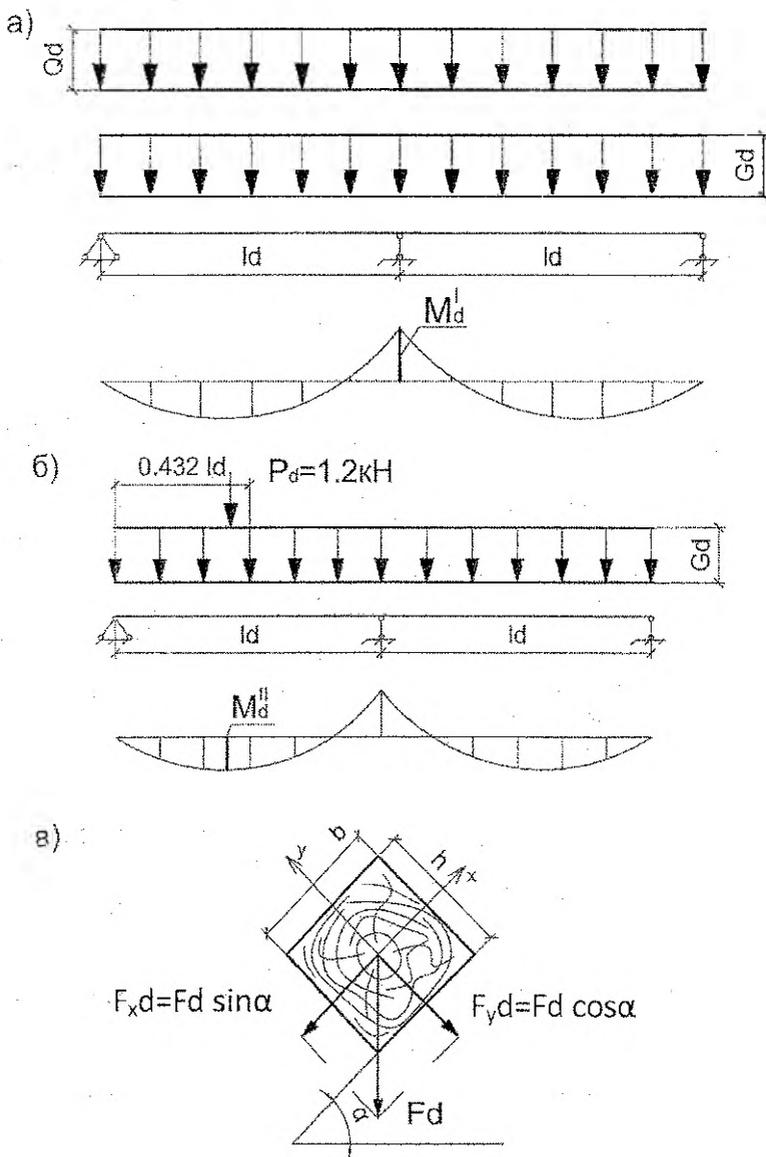
$W_{x,d}$, $W_{y,d}$ – расчетные моменты сопротивления поперечного сечения относительно главных осей x и y ;

$f_{m,d}$ – расчетное сопротивление древесины изгибу вдоль волокон.

Полный прогиб обрешетины с учетом косоугольного изгиба определяют по формуле:

$$U_{max} = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} \quad (2.2)$$

где U_x , U_y – прогиб обрешетины по осям x и y .



а) при первом сочетании нагрузок; б) при втором сочетании нагрузок; в) изгиб, при котором направление действия усилия не совпадает с направлением главных осей поперечного сечения

Рисунок 2.1 – Расчетная схема обрешетки

Прогиб в плоскости:

✓ перпендикулярной скату:

$$U_y = 2,13 \cdot (G_k + Q_k) \cdot I_d^4 \cdot \gamma_n \cdot \cos \alpha / 384 \cdot E_\sigma \cdot k_{mod} \cdot J_{x, sup}, \quad (2.3)$$

✓ параллельной скату:

$$U_x = 2,13 \cdot (G_k + Q_k) \cdot I_d^4 \cdot \gamma_n \cdot \sin \alpha / 384 \cdot E_\sigma \cdot k_{mod} \cdot J_{y, sup}, \quad (2.4)$$

где $J_{x, sup}$ и $J_{y, sup}$ – момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно соответствующей оси;

$E_\sigma = 8500$ МПа – модуль упругости древесины вдоль волокон (п. 6.1. 5.1 [1]);

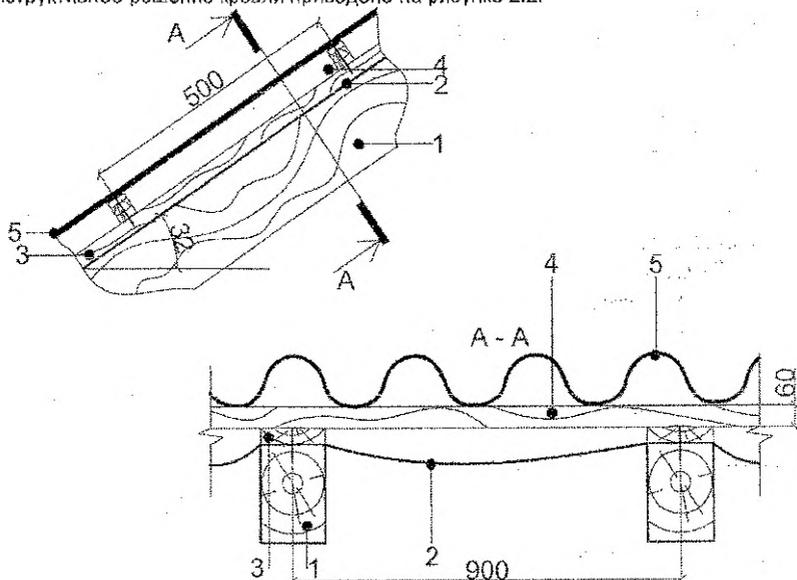
α – угол наклона кровли к горизонту.

Полный прогиб обрешетки не должен превышать значения предельного прогиба, приведенного в таблице 19 [3].

2.2.1 Пример 1. Расчет обрешетки под кровлю из асбестоцементных волнистых листов

Запроектировать и рассчитать обрешетку под кровлю из асбестоцементных волнистых листов среднего профиля по наклонным стропилам, установленным с шагом 0,9 м. Угол наклона кровли к горизонту $\alpha = 32^\circ$. Класс условий эксплуатации – 3, класс ответственности здания – III, район строительства – г. Брест. Древесина – кедр 3-го сорта.

В соответствии с рекомендациями п. 7.2 [4] расстояние между осями брусков принимаем равным 500 мм. Принимаем бруски (ориентировочно) сечением $b \times h = 50 \times 60$ мм. Конструктивное решение кровли приведено на рисунке 2.2.



1 – стропильная нога; 2 – гидроизоляционная пленка; 3 – прижимная рейка; 4 – обрешетка; 5 – асбестоцементные волнистые листы среднего профиля

Рисунок 2.2 – Конструктивное решение кровли

Определяем погонную равномерно распределенную нагрузку на один брусок обрешетки (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Нагрузка на брусок обрешетки

Элементы и подсчет нагрузок	Нормативная нагрузка, кН/м	Коэффициент надежности по нагрузке, γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м
1	2	3	4
Асбестоцементные волнистые листы среднего профиля 15x10x0,5/1000	0,075	1,3	0,098
Брусок обрешетки (b x h = 50x60 мм, $\rho=600$ кг/м ³)			
0,05x0,06x600x10/1000	0,018	1,1	0,020
Итого: G	0,093		0,118
Снеговая нагрузка Q=0,8x0,8x0,5x0,8480	0,271	1,6	0,434
Всего: (G+Q)	0,364		0,552

✓ 15 кг – вес 1 м² кровли из асбестоцементных волнистых листов среднего профиля с учетом нахлеста вдоль ската кровли;
 ✓ 10/1000 – коэффициент перехода от нагрузки в кг в кН;
 ✓ $\gamma_f = 1,3$ – коэффициент надежности по нагрузке для изоляционного слоя, выполняемого на строительной площадке (таблица 1 [2]);
 ✓ $\rho = 600$ кг/м³ – плотность древесины кедра для 3 класса условий эксплуатации (таблица 6.2 [1]);
 ✓ $\gamma_f = 1,1$ – коэффициент надежности по нагрузке для деревянных конструкций (таблица 1 [2]);
 ✓ $S_0 = 0,8$ кН/м² – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли для г. Бреста, принятое с учетом изменения №1 РБ СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», введенного в действие с 1.07.2004 года ([2]);
 ✓ $\mu = (60^\circ - \alpha)/35^\circ = (60^\circ - 32^\circ)/35^\circ = 0,8$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие (приложение 3 [2]);
 ✓ 0,848 – косинус угла $\alpha = 32^\circ$;
 ✓ $\gamma_f = 1,6$ – коэффициент надежности по нагрузке для снеговой нагрузки при $0,093/0,8x0,5x0,848=0,274 < 0,8$, согласно п. 5.7 [2]

Обрешетку рассматриваем как двухпролетную неразрезную балку с пролетами $l_d = 0,9$ м (см. рисунок 2.1).

Максимальный изгибающий момент:

а) для первого сочетания нагрузок:

$$M_d^I = (G_d + Q_d) \cdot l_d^2 / 8 = (0,118 + 0,434) \cdot 0,9^2 / 8 = 0,056 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

б) для второго сочетания нагрузок:

$$M_d^{II} = 0,07 \cdot G_d \cdot l_d^2 + 0,207 \cdot P_d \cdot l_d = 0,07 \cdot 0,118 \cdot 0,9^2 + 0,207 \cdot 1,2 \cdot 0,9 = 0,230 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где $P_d = P_k \cdot \gamma_f = 1,0 \cdot 1,2 = 1,2$ кН - величина сосредоточенной (монтажной) нагрузки в соответствии с п. 10.2.2[1].

Так как $M_d^{II} \cdot K_{mod.1} = 0,230 \cdot 0,95 = 0,219 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_d^I \cdot K_{mod.2} = 0,056 \cdot 1,05 = 0,059 \text{ кН} \cdot \text{м}$, то расчет прочности бруска обрешетки ведем при втором сочетании нагрузок, как более невыгодным,

где $K_{mod.1} = 0,95$ – коэффициент условий работы для 3 класса условий эксплуатации при учете полной снеговой нагрузки (таблица 6.3 [1]);

$K_{mod.2} = 1,05$ – коэффициент условий работы для 3 класса условий эксплуатации при учете кратковременного действия монтажной нагрузки (таблица 6.3 [1]).

Так как плоскость действия нагрузки не совпадает с главными осями сечения бруска (см. рисунок 2.1 в), то брусок рассчитывается на косой изгиб. Составляющие изгибающего момента относительно главных осей бруска равны:

$$M_{xd} = M_d^{II} \cdot \cos \alpha = 0,23 \cdot 0,8480 = 0,195 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{yd} = M_d^{II} \cdot \sin \alpha = 0,23 \cdot 0,5299 = 0,122 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчетные моменты сопротивления поперечного сечения бруска относительно главных осей:

$$W_{xd} = 5 \cdot 6^2 / 6 = 30 \text{ см}^3; W_{yd} = 6 \cdot 5^2 / 6 = 25 \text{ см}^3.$$

При косом изгибе должно выполняться условие (2.1):

$$\sigma_{m,d} = M_{xd} / W_{xd} + M_{yd} / W_{yd} = 0,195 \cdot 100 / 30 + 0,122 \cdot 100 / 25 = 1,138 \text{ кН} / \text{см}^2 = 11,38 \text{ МПа} < f_{m,d}^{крат} = 13,65 \text{ МПа},$$

где $f_{m,d}^{крат} = f_{m,d}^{сочет} \cdot K_x \cdot K_{mod.2} / \gamma_n = 13 \cdot 0,9 \cdot 1,05 / 0,9 = 13,65 \text{ МПа}$,

здесь $f_{m,d}^{сочет} = 13 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление изгибу вдоль волокон для элементов обрешетки из древесины сосны 3-го сорта (п. 6.1.4.3 [1]);

$K_x = 0,9$ – переходный коэффициент для кедр, учитывающий породу древесины (таблица 6.5 [1]);

$k_{mod.2} = 1,05$ – коэффициент условий работы для 3 класса условий эксплуатации при учете кратковременного действия монтажной нагрузки (таблица 6.3 [1]);

$\gamma_n = 0,9$ – коэффициент надежности по назначению для III класса ответственности здания (стр. 34 [2]).

Запас прочности составляет 17%, что больше допустимой величины, равной 15%.

Уменьшение сечения бруска до 50x50 мм приводит к невыполнению условия прочности $\sigma_{m,d} = 15,22 \text{ МПа} > f_{m,d}^{крат} = 13,65 \text{ МПа}$.

Определим прогиб бруска при первом сочетании нагрузок:

• в плоскости, перпендикулярной скату, по формуле (2.3):

$$U_y = 2,13 \cdot (G_k + Q_k) \cdot l_d^4 \cdot \gamma_n \cdot \cos \alpha / 384 \cdot E_0 \cdot K_{mod.1} \cdot J_{x,sup} = 2,13 \cdot 0,00364 \cdot 90^4 \cdot 0,9 \cdot 0,8480 / 384 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,95 \cdot 90 = 0,014 \text{ см};$$

• в плоскости, параллельной скату, по формуле (2.4):

$$U_x = 2,13 \cdot (G_k + Q_k) \cdot l_d^4 \cdot \gamma_n \cdot \sin \alpha / 384 \cdot E_0 \cdot K_{mod.1} \cdot J_{y,sup} = 2,13 \cdot 0,00364 \cdot 90^4 \cdot 0,9 \cdot 0,5299 / 384 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,95 \cdot 62,5 = 0,012 \text{ см},$$

где $E_0 = 8500 \text{ МПа} = 0,85 \cdot 10^3 \text{ кН} / \text{см}^2$ – модуль упругости древесины вдоль волокон в соответствии с п. 6.1.5.1 [1];

$$J_{x,sup} = 5 \cdot 6^3 / 12 = 90,0 \text{ см}^4; J_{y,sup} = 6 \cdot 5^3 / 12 = 62,5 \text{ см}^4.$$

Полный прогиб бруска по формуле (2.2):

$$U_{max} = \sqrt{U_x^2 + U_y^2} = \sqrt{0,014^2 + 0,012^2} = 0,018 \text{ см}.$$

Относительный прогиб $f_u = U_{max}/l_d = 0,018/90 = 1/5000 < [f_u] = [1/120]$, где $[f_u] = [1/120]$ – предельный относительный прогиб балки пролетом l_d менее 1м, таблица 19 [3].

Таким образом, принятое сечение брусков обрешетки $b \times h = 50 \times 60$ мм удовлетворяет условиям прочности и жесткости.

2.3 Расчет и конструирование элементов стропильной системы

Стропильная система чердачного покрытия включает в себя мауэрлаты, укладываемые на наружные стены, стропильные ноги, опирающиеся нижними концами на мауэрлаты, верхними – соединенные между собой в коньке, промежуточные опоры в виде подкосов и (или) подстропильных рам, установленных в один или несколько рядов параллельно продольным стенам. В свою очередь, подстропильная рама состоит из нижнего прогона (лежня), стоек и верхнего прогона, опирающегося на стойки.

Основным типом подстропильной конструкции наслонных стропил являются прогоны, усиленные подкосами. В расчетном отношении прогон, усиленный подкосами, рассматривают как неразрезную трехпролетную балку. Нагрузка на прогоны передается в виде сосредоточенных грузов, приложенных в местах опирания стропильных ног. При воздействии на балку четырех и более сосредоточенных грузов, равных по величине и расположенных на одинаковых расстояниях, допускается рассчитывать балку на равномерно распределенную нагрузку интенсивностью:

$$F_d = N/B, \quad (2.5)$$

где N – величина продольного усилия в стойке стропильной рамы;

B – шаг стропил.

Конструктивное решение чердачного покрытия приведено на рисунке 2.3.

Стропильная система выполняется из пиломатериалов – досок, поставленных на ребро, и брусьев (мауэрлат, подстропильная рама), с учетом требований п. 5.2.15 [1].

Расчет наслонных стропил сводится к определению нагрузок, действующих на стропильную раму; определению внутренних усилий, возникающих в элементах стропильной рамы; подбору сечений и проверке прочности и жесткости элементов рамы. По такому же принципу рассчитываются подстропильные рамы.

При определении постоянных нагрузок допускается размеры стропильных ног назначать ориентировочно. При углах наклона кровли к горизонту до 45° допускается не учитывать ветровую нагрузку.

Схему распределения снеговой нагрузки и значение коэффициента M следует принимать в соответствии с обязательным приложением 3 [2] или таблицей 4 [7].

При углах наклона кровли к горизонту до 45° допускается не учитывать ветровую нагрузку.

Статический расчет стропильной и подстропильной рам может быть выполнен с применением программы «SIRIUS», разработанной на кафедре строительной механики университета (Приложение А).

Примечание: Статический расчет стропильной и подстропильной рам может быть выполнен аналитически, по методике, изложенной в [8]:

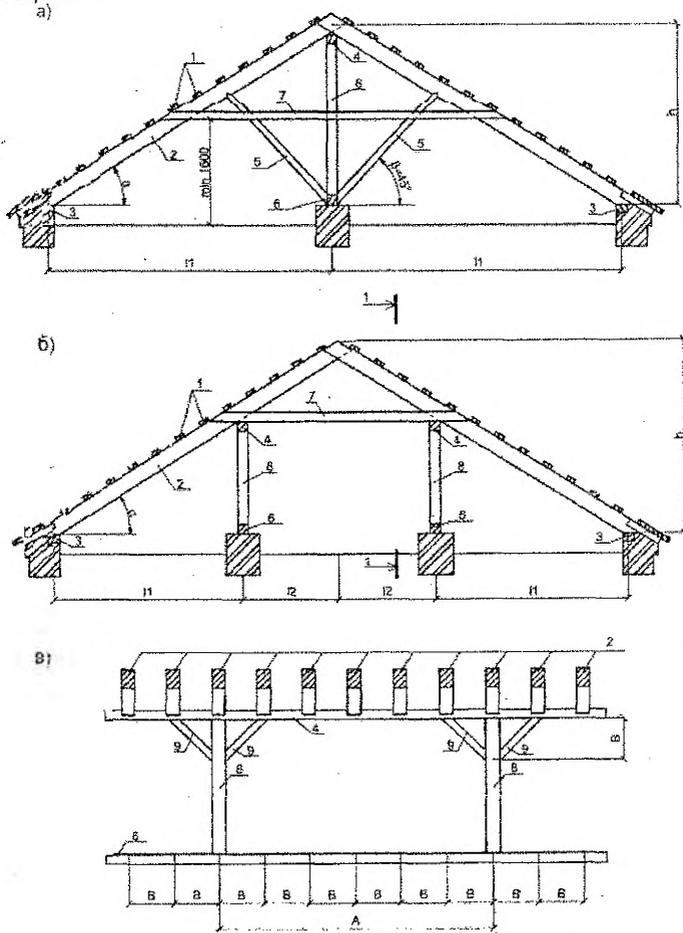
- наслонных стропил с подкосами – пример 3.5;
- наслонных стропил с двухрядным расположением подстропильных рам – пример 3.4;
- верхнего прогона подстропильной рамы – С. 56.

Расчет стропильной ноги и верхнего прогона подстропильной рамы выполняют как изгибаемого элемента согласно п. 7.4.1 [1], элементов, воспринимающих сжимающее

усилие – как центрально-сжатых элементов согласно п. 7.3 [1], воспринимающих растягивающее усилие – как центрально-растянутых элементов согласно п. 7.1 [1].

2.3.1 Пример 2. Расчет и конструирование стропильной рамы

Запроектировать и рассчитать наслонные стропила под кровлю из асбестоцементных волнистых листов среднего профиля жилого дома (рисунок 2.3, б). Ширина здания $3+4+3=10$ м. Уклон кровли к горизонту – 32° . Класс условий эксплуатации – 3, класс ответственности здания – III, район строительства – г.Брест, древесина – кедр 2-го сорта.



а – наслонные стропила с подкосами; б – наслонные стропила с двухрядным расположением подстропильных рам; в – разрез 1-1: 1 – обрешетка; 2 – стропильная нога; 3 – мауэрлат; 4 – верхний прогон подстропильной рамы; 5 – подкос; 6 – лежень; 7 – затяжка; 8 – стойка подстропильной рамы; 9 – подкос подстропильной рамы

Рисунок 2.3 – Конструктивное решение чердачного покрытия

Конструктивное решение чердачного покрытия принимаем следующим (рисунок 2.3, б): бруски обрешетки сечением $b \times h = 50 \times 60$ мм размещены по стропильным ногам с шагом 500 мм. В качестве изоляции используем пленку «Ютафоль», уложенную по верху стропильных ног. Пленка закреплена с помощью прижимных планок сечением $b \times h = 60 \times 25$ мм. Лежни укладываем на одном уровне с мауэрлатом. Ось мауэрлата, сечением $b \times h = 150 \times 150$ мм, смещена относительно оси стены на 125 мм. Расстояние от оси мауэрлата до оси внутренней стены $l = 3000 - 125 = 2875$ мм. Высота стропил в коньке $h = L \cdot \operatorname{tg} \alpha = (2875 + 2000) \cdot 0,6249 = 3046$ мм.

Вычисляем нагрузку, приходящуюся на 1 погонный метр горизонтальной проекции стропильной ноги (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Нагрузка на 1 пог. метр горизонтальной проекции стропильной ноги

Элементы и подсчет нагрузок	Нормативная нагрузка, кН/м	Коэффициент надежности по нагрузке, γ_f	Расчетная нагрузка, кН/м
1	2	3	4
Асбестоцементные волнистые листы среднего профиля $15 \times 10 \times 0,9 / 1000 \times 0,848$	0,159	1,3	0,207
Брус обрешетки ($b \times h = 50 \times 60$ мм, $\rho = 600$ кг/м ³) с шагом 500 мм $0,05 \times 0,06 \times 600 \times 10 \times 0,9 / 1000 \times 0,848 \times 0,5$	0,038	1,1	0,042
Пленка «Ютафоль» $0,2 \times 10 \times 0,9 / 1000 \times 0,848$	0,002	1,3	0,003
Прижимная планка ($b \times h = 60 \times 25$ мм, $\rho = 600$ кг/м ³) $0,06 \times 0,025 \times 600 \times 10 / 1000 \times 0,848$	0,011	1,1	0,012
Стропильная нога (ориентировочно) сечением $b \times h = 60 \times 175$ мм, $\rho = 600$ кг/м ³ $0,06 \times 0,175 \times 600 \times 10 / 1000 \times 0,848$	0,074	1,1	0,082
Итого: G	0,284		0,346
Снеговая нагрузка $Q = S_0 \times \mu \times b = 0,8 \times 0,8 \times 0,9$	0,576	1,6	0,922
Всего: (G+Q)	0,860		1,268
<ul style="list-style-type: none"> ✓ $S_0 = 0,8$ кН/м² – нормативное значение веса снегового покрова на 1м² горизонтальной поверхности земли для г. Бреста, принятое с учетом изменения №1 РБ СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», введенного в действие с 1.07.2004 года [2]; ✓ $\mu = (60^\circ - \alpha) / 35^\circ = (60^\circ - 32^\circ) / 35^\circ = 0,8$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие (приложение 3 [2]); ✓ $\gamma_f = 1,6$ – коэффициент надежности по нагрузке для снеговой нагрузки при $G_s / S_0 \times b = 0,284 / 0,8 \times 0,9 = 0,4 < 0,8$, согласно п. 5.7 [2] 			

Статический расчет стропильной рамы выполнен по программе «SiRiUS». Расчетная схема и результаты расчета приведены в приложении Б.

2.3.1.1 Расчет стропильной ноги

Опасным сечением стропильной ноги является сечение в месте опирания на верхний прогон подстропильной рамы, $M_d=1,06$ кН·м (см. эпюру "М", приложение Б).

Расчет изгибаемых элементов на прочность по нормальным напряжениям производится по формуле:

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_d \leq f_{m,d} \quad (2.6)$$

где M_d – расчетный изгибающий момент;

W_d – расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента;

$f_{m,d}$ – расчетное сопротивление древесины изгибу вдоль волокон.

Поперечное сечение стропильной ноги принимаем $b \times h = 50 \times 125$ мм.

Момент сопротивления сечения относительно нейтральной оси:

$$W_d = 5 \cdot 125^2 / 6 = 130,21 \text{ см}^3$$

Проверяем прочность сечения:

$$\sigma_{m,d} = 1,06 \cdot 100 / 130,21 = 0,814 \text{ кН/см}^2 = 8,14 \text{ МПа} < f_{m,d}^{\text{расч}} = 12,35 \text{ МПа},$$

где $f_{m,d}^{\text{расч}} = f_{m,d}^{\text{расч}} \times K_x \times K_{mod} / \gamma_n = 13 \cdot 0,9 \cdot 0,95 / 0,9 = 12,35 \text{ МПа}$,

здесь $f_{m,d}^{\text{расч}} = 13 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление изгибу вдоль волокон древесины сосны 2-го сорта (п. 6.1.4.3 [1]);

$K_x = 0,9$ – переходной коэффициент для кедра, учитывающий породу древесины (таблица 6.5 [1]);

$K_{mod} = 0,95$ – коэффициент условий работы для 3 класса условий эксплуатации при учете снеговой нагрузки (таблица 6.4 [1]);

$\gamma_n = 0,9$ – коэффициент надежности по назначению для III класса ответственности здания (стр. 34 [2]).

Запас по прочности составляет 34,1%, что больше допустимой величины, равной 15%.

Проверяем сечение в середине нижнего участка стропильной ноги под действием изгибающего момента M_d' . Значение M_d' определяем как для простой балки на двух опорах пролетом $l_{1,d}$ (рисунок 2.4), считая в запас прочности, что вследствие возможной осадки среднего узла опорный момент будет равен нулю:

$$M_d' = (G_d + Q_d) \times l_{1,d}^2 / 8 = 1,268 \times 2,875^2 / 8 = 1,310 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

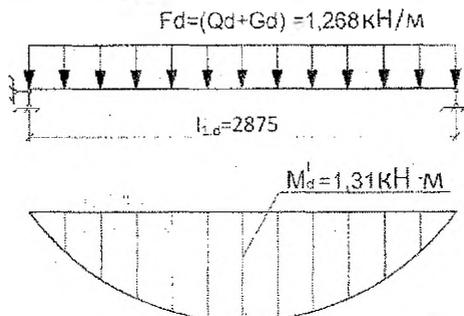


Рисунок 2.4 – Расчетная схема и эпюра изгибающих моментов для нижнего участка стропильной ноги

Проверяем прочность сечения:

$$\sigma_{m,d} = M_d^f / W_d = 1,310 \times 100 / 130,21 = 1,006 \text{ кН/см}^2 = 10,06 \text{ МПа} < f_{m,d}^{\text{крас}} = 12,35 \text{ МПа.}$$

Запас по прочности составляет 18,5%.

Уменьшение сечения стропильной ноги до 50x100 мм приводит к невыполнению условия прочности $\sigma_{m,d} = 15,72 \text{ МПа} > f_{m,d}^{\text{крас}} = 12,35 \text{ МПа}$.

Относительный прогиб:

$$f_{rel} = 5 \cdot (G_k + Q_k) \cdot l_{1,d}^3 \cdot \gamma_n / 384 \cdot E_0 \cdot k_{mod} \cdot J_{sup} = \\ = 5 \times 0,00860 \times 287,5^3 \times 0,9 / 384 \times 850 \times 0,95 \times 813,8 = 1/274 < [f_{rel}] = [1/148],$$

где $E_0 = 8500 \text{ МПа} = 850 \text{ кН/см}^2$ – модуль упругости древесины вдоль волокон в соответствии с п. 6.1.5.1 [1];

$J_{sup} = 5 \cdot 12,5^3 / 12 = 813,8 \text{ см}^4$ – момент инерции брутто поперечного сечения элемента относительно нейтральной оси;

$[f_{rel}] = [1/148]$ – величина относительного прогиба для балки пролетом $l_{1,d} = 2,875 \text{ м}$ (таблица [3]).

Запас по жесткости составляет 61%.

Таким образом, сечение стропильной ноги принимаем $b \times h = 50 \times 125 \text{ мм}$.

2.3.2 Пример 3. Расчет и конструирование подстропильной рамы

Запроектировать и рассчитать конструкцию подстропильной рамы (рисунок 2.3,в). Расстояние между осями стоек 5,4 м. Шаг стропил 0,9 м. Ширина здания – 3+4+3=10 м. Уклон кровли к горизонту – 32°. Класс условий эксплуатации – 3. Класс ответственности здания – III. Район строительства – г. Брест. Древесина – кедр 2-го сорта.

2.3.2.1 Расчет стойки

Стойка подстропильной рамы работает как центрально сжатый элемент. Свободная длина элемента $l = 1800 \text{ мм}$ (см. приложение Б). Сжимающее усилие:

$$N_d = N \cdot A/B = 4,09 \cdot 5,4/0,9 = 24,54 \text{ кН,}$$

где N – максимальное сжимающее усилие в стойке (приложение Б);

A – шаг стоек;

B – шаг стропил.

Расчетная схема и поперечное сечение стойки представлены на рисунке 2.5.

Исходя из условия предельной гибкости ориентировочно определим размеры поперечного сечения стойки:

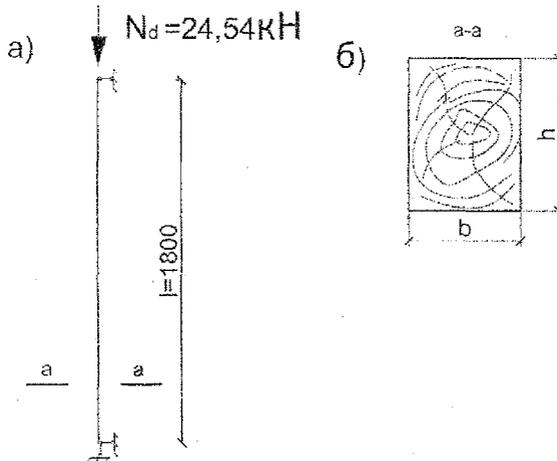
$$\lambda_{max} = l_d / i,$$

где $\lambda_{max} = 150$ – предельная гибкость сжатого элемента (таблица 7.7 [1]);

$l_d = l \cdot \mu_0 = 1800 \cdot 1 = 1800 \text{ мм}$ – расчетная длина элемента;

$\mu_0 = 1$ – коэффициент, учитывающий шарнирное закрепление концов стойки (п. 7.7.1 [1]);

$i = 0,289b$ – радиус инерции сечения элемента.



а – расчетная схема; б – сечение
Рисунок 2.5 – К расчету стойки

Тогда $b = l_d / 0,289 \cdot \lambda_{max} = 1800 / 0,289 \cdot 150 = 41,52$ мм.

С учетом требований п. 5.2.15 [1] (площадь поперечного сечения сквозного элемента должна быть не менее 5000 мм^2) сечение стойки принимаем $b \times h = 75 \times 75$ мм.

Центрально-сжатая стойка рассчитывается на устойчивость по формуле:

$$\sigma_{c.o.d} = N_d / K_c \cdot A_d \leq f_{c.o.d} \quad (2.7)$$

где $A_d = A_{сип} = 7,5 \times 7,5 = 56,25 \text{ см}^2$ – расчетная площадь поперечного сечения стойки;

$$f_{c.o.d}^{расч} = f_{c.o.d}^{расч} \cdot K_x \cdot K_{mod} / \gamma_n = 13 \cdot 0,9 \cdot 0,95 / 0,9 = 12,35 \text{ МПа} = 1,235 \text{ кН/см}^2;$$

$f_{c.o.d}^{расч} = 13 \text{ МПа}$ – расчетное сопротивление сжатия вдоль волокон древесины сосны 2-го сорта (п. 6.1.4.3 [1]);

$K_x = 0,9$ – переходной коэффициент для кедр, учитывающий породу древесины (таблица 6.5 [1]);

$K_{mod} = 0,95$ – коэффициент условий работы для 3 класса условий эксплуатации при учете снеговой нагрузки (таблица 6.4 [1]);

$\gamma_n = 0,9$ – коэффициент надежности по назначению для III класса ответственности здания (стр. 34 [2]).

K_c – коэффициент продольного изгиба, определяемый по формуле:

$$K_c = 3000 / \lambda^2 = 3000 / 83,04^2 = 0,435, \text{ так как } \lambda = 1800 / 0,289 \cdot 75 = 83,04 > \lambda_{ред} = 70 \text{ (п. 7.3.2 [1])}.$$

Таким образом

$$\sigma_{c.o.d} = 24,54 / 0,435 \cdot 56,25 = 1,003 \text{ кН/см}^2 = 10,03 \text{ МПа} < 12,35 \text{ МПа}.$$

Запас по прочности составляет 19%, что больше допустимой величины, равной 15%.

Уменьшить сечение не представляется возможным по конструктивным соображениям – $A_d \geq 5000 \text{ мм}^2$.

2.3.2.2 Расчет прогона

Расчетная сосредоточенная нагрузка на прогон от давления стропил $N = 4,09$ кН (см. приложение Б).

Прогон в расчетном отношении рассматриваем как трехпролетную неразрезную балку, нагруженную равномерно распределенной нагрузкой:

$$F_d = N / B = 4,09 / 0,9 = 4,54 \text{ кН/м.}$$

Статический расчет балки выполнен по программе «SIRIUS».

Расчетная схема и результаты расчета прогона приведены в приложении В.

Опасным сечением прогона является сечение в месте примыкания подкоса –

$$M_d = 4,244 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Требуемый момент сопротивления поперечного сечения прогона определим из формулы (2.6):

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_d \leq \int_{m,d}^{\text{exp}};$$
$$W_d^{\text{тп}} = M_d / \int_{m,d}^{\text{exp}} = 4,24 \cdot 100 / 1,235 = 343,32 \text{ см}^3.$$

Принимаем ширину прогона, равной ширине стойки подстропильной рамы $b=75$ мм и определяем высоту прогона из формулы:

$$W_d = bh^2 / 6 = 7,5 \cdot h^2 / 6 = W_d^{\text{тп}} = 343,32 \text{ см}^3.$$

Отсюда:

$$h = \sqrt{343,32 \cdot 6 / 7,5} = 16,57 \text{ см.}$$

С учетом сортамента пиломатериалов (СТБ 1713-2007) принимаем высоту сечения прогона $h=175$ мм.

Расчет прогона на прочность по нормальным напряжениям выполним по формуле:

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_d = 4,24 \cdot 100 / 382,8 = 1,108 \text{ кН/см}^2 = 11,08 \text{ МПа} < \int_{m,d}^{\text{exp}} = 12,35 \text{ МПа,}$$

где $W_d = 7,5 \cdot 17,5^2 / 6 = 382,8 \text{ см}^3$.

Запас по прочности составляет 10,3%, что меньше допустимой величины, равной 15%.

Учитывая, что сжимающее усилие в затяжке незначительно (см. эпюру "N", Приложение Б), сечение ее принимаем конструктивно – из двух досок, поставленных на ребро, шириной не менее половины ширины стропильной ноги и не менее 40 мм, и высотой, равной высоте стропильной ноги. Крепление затяжки к стропильной ноге выполняем конструктивно гвоздями (не менее трех) с каждой стороны стыка со встречной их забивкой.

Сечение подкосов стропильной и подстропильной рам принимаем конструктивно – равным сечению стойки подстропильной рамы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деревянные конструкции. Строительные нормы проектирования. ТКП 45-5.05 – 146 – 2009 (02250). – Введ. 01.01.2010. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. 2009. – 63с. Технический кодекс установившейся практики.
2. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85.- Введ. 01.01.1987. – М.: Госстрой СССР, 1987. – 36 с., с изменением №1.
3. Строительные нормы и правила. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85 (Дополнения. Раздел 10. Прогобы и перемещения). – Введ. 01.01.1989. – М.: Стройиздат, 1989. – 8 с.
4. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Кровли. Технические требования и правила приемки. СНБ 5.08.01 – 2000. – Введ. 01.01.2001. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. – 23 с.
5. СТБ 1713-2007. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия. – Введ. 01.05.2007. – Мн.: Госстандарт, 2007. – 11 с.
6. Стандарт университета. Оформление материалов курсовых и дипломных проектов (работ), отчетов по практике. Общие требования и правила оформления: СТ БГТУ 01-2008. – Брест, БрГТУ, 2008. – 46 с.
7. Жук, В.В. Справочные материалы для проектирования деревянных конструкций зданий и сооружений / В.В. Жук. Брест, БрГТУ, 2010. – 33 с.
8. Шишкин, В.Е. Примеры расчета конструкций из дерева и пластмасс: учеб. пособие для техникумов / В.Е. Шишкин. – Мн.: Стройиздат, 1974. – 219 с.

Приложение А*

(справочное)

Рекомендации по использованию компьютерной программы «SIRIUS».

Компьютерная программа «SIRIUS» позволяет рассчитывать плоские стержневые системы – рамы, балки, фермы, комбинированные системы – с жестким либо шарнирным соединением элементов в узлах на действие неподвижных внешних нагрузок в виде сосредоточенных сил, сосредоточенных моментов и равномерно распределенных нагрузок.

Расчет в программе выполняется *методом конечных элементов (МКЭ)*. Следует отметить, что сооружение в МКЭ рассматривается как совокупность узлов и конечных элементов (для стержневых систем в качестве конечных элементов принимаются стержни). Узлы могут быть двух типов – жесткие либо шарнирные. Жесткий узел имеет три степени свободы – он может смещаться и поворачиваться, и закрепляет соединяемые элементы от их расхождения и взаимного поворота. Шарнирный узел имеет две степени свободы – он может только смещаться, и закрепляет соединяемые элементы от их расхождения, допуская их взаимный поворот. Под стержнем понимается прямолинейный элемент, размеры которого существенно меньше его длины и который на расчетной схеме сооружения представляется отрезком прямой линии. Стержни как конечные элементы присоединяются к узлам, и это соединение может быть жестким либо шарнирным. В зависимости от способа соединения концов стержней с узлами различают четыре типа стержней (рисунок А.1):



Рисунок А.1 – Типы стержней

Ввод исходных данных в программе может быть выполнен двумя способами – графическим и табличным. Более удобным и наглядным является графический ввод, при котором расчетная схема сразу изображается в окне графики на экране. Рекомендуется использовать этот вариант ввода исходных данных и далее будет обсуждаться только он.

Основное окно программы «SIRIUS», которое появляется при запуске программы, имеет вид, показанный на рисунке А.2 (правда, без изображения рассчитываемой системы). На главной управляющей панели этого окна находятся главное меню программы и панель управляющих кнопок.

* Рекомендации представлены кафедрой строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

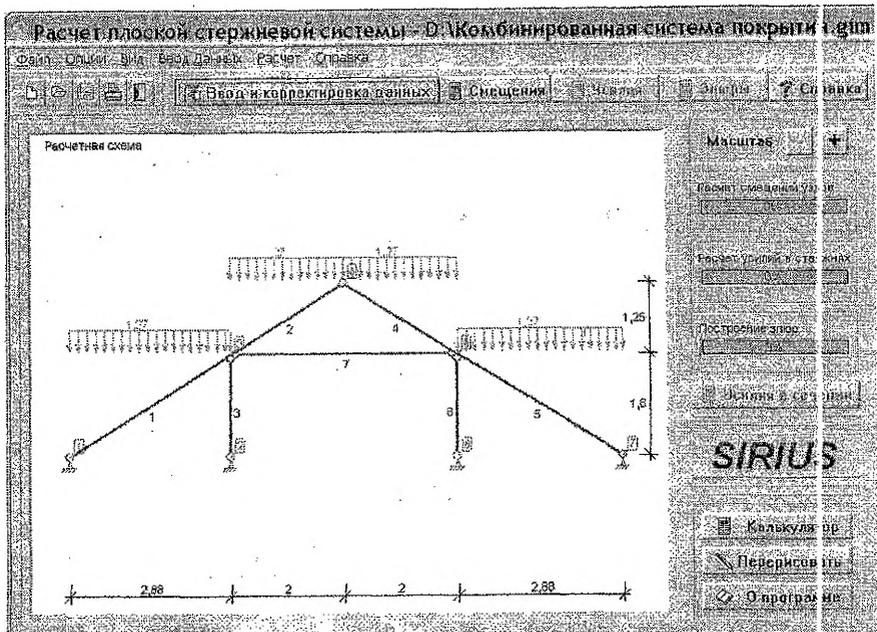


Рисунок А.2 – Основное окно программы «SIRIUS»

Главное меню программы содержит команды:

- ✓ «Файл» – команды управления файлами задач (создание – «Новая рама», открытие, сохранение), печатью исходных данных и результатов расчета, а также завершением работы в программе (выход);
- ✓ «Опции» – вспомогательные команды (вызов калькулятора, печать экрана, защита паролем);
- ✓ «Вид» – команды, определяющие что показывать (изображать) на расчетных схемах (номера стержней, номера узлов, нагрузки, опоры, размеры) и на эпюрах усилий (опоры, значения усилий) в окнах графики, а также команды масштабирования изображений;
- ✓ «Ввод данных» – выбор способа ввода исходных данных (графический или табличный);
- ✓ «Расчет» – запуск этапов расчета системы (расчет смещений, усилий, построение их эпюр и вычисление усилий в заданном сечении);
- ✓ «Справка» – вызов справочной системы и общих данных о программе.

Панель управляющих кнопок дублирует ряд вышеуказанных команд.

При решении новой задачи необходимо на панели кнопок нажать кнопку «Новая рама» (нажатие кнопок здесь и далее производится щелчком правой клавиши мыши) или выбрать в главном меню программы команды «Файл», «Новая рама», затем нажать кнопку «Ввод и корректировка данных», после чего появится панель «Выбор варианта ввода данных» (рисунок А.3). Выбираем (отмечаем) графический ввод и фиксируем его щелчком мыши на кнопке «ОК» – открывается окно «Ввод данных о конструкции» (рисунок А.4).

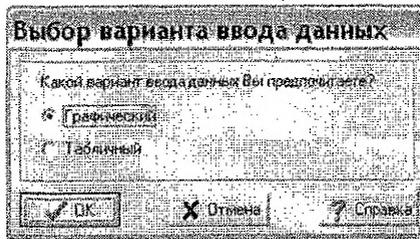


Рисунок А.3 - Панель «Выбор варианта ввода данных»

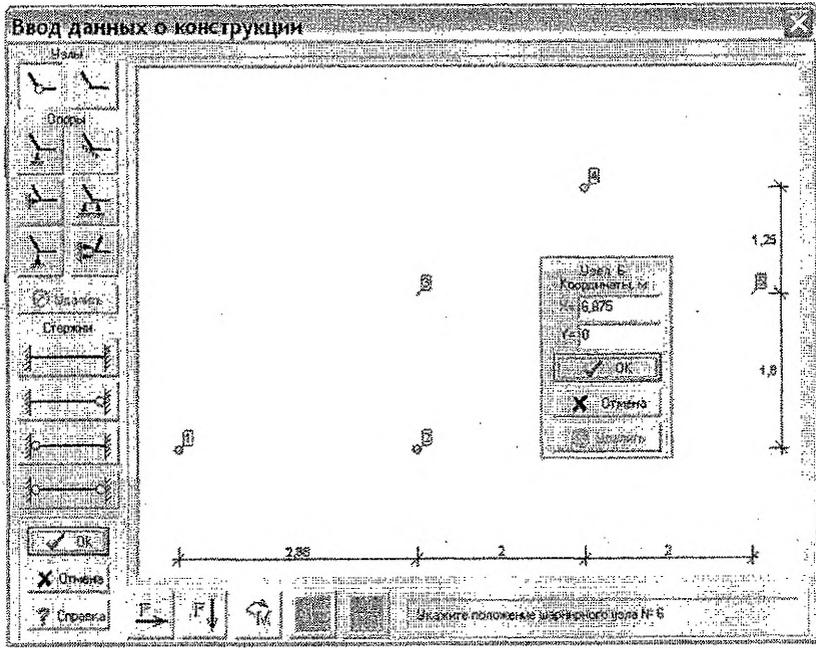


Рисунок А.4 – Ввод узлов

Работу в окне «Ввод данных о конструкции» следует начать с ввода узлов системы, вид которых (жесткий либо шарнирный узел) выбирается нажатием кнопок с соответствующими пиктограммами, после чего узел устанавливается позиционированием курсора мыши в соответствующем месте графического окна и щелчком правой клавиши мыши. При этом появляется окно с координатами узла для корректировки (при необходимости) его положения.

После ввода всех узлов задаются стержни. Выбирается требуемый тип стержня нажатием кнопки с соответствующей пиктограммой (рисунок А.5), и задается стержень засечками (щелчками правой клавиши мыши) в начальном и конечном узлах (следует отметить, что начало стержня должно быть строго в узле с меньшим номером). После этого появляется панель с характеристиками стержня для их возможной корректировки (рисунок А.5).

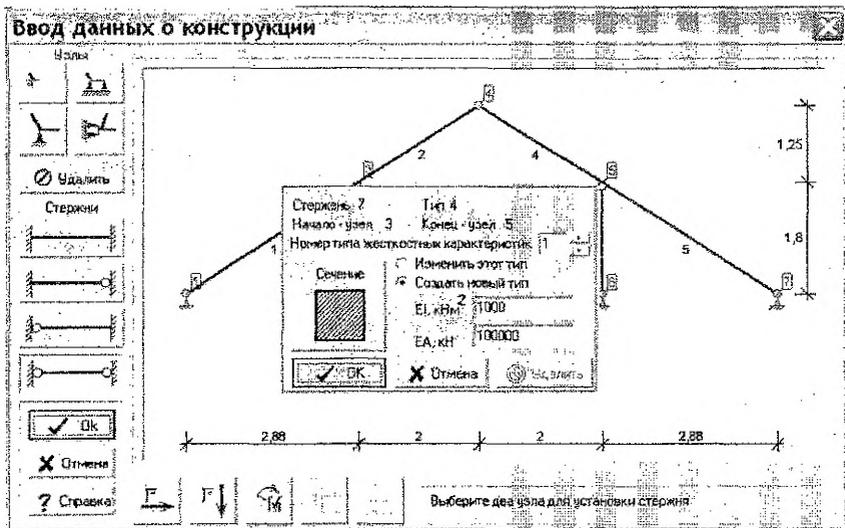


Рисунок А.5 – Ввод стержней

Здесь задаются жесткостные параметры сечения непосредственно (EI , EA) либо посредством выбора одного из трех имеющихся в базе видов сечений (рисунок А.6) и задания его размеров и материала (модуля упругости E).

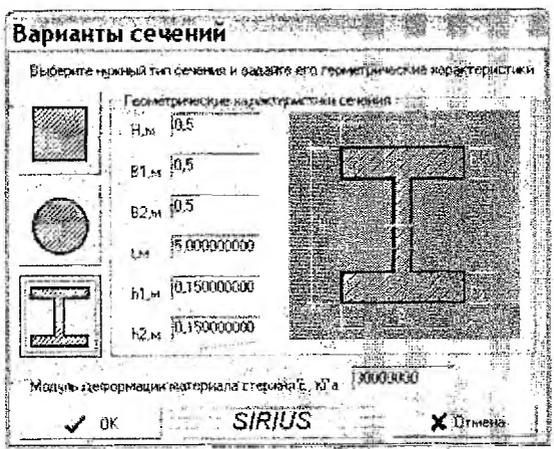


Рисунок А.6 – Ввод параметров сечения

Аналогичный подход используется при установке в узлах опор и задании внешних нагрузок – вид их выбирается с помощью кнопок с соответствующими пиктограммами, а установка и действие щелчком правой клавиши мыши при положении курсора над соответствующим узлом (для распределенных нагрузок – над соответствующим стержнем). При этом при вводе нагрузок появляются окна, в которых задаются величины этих нагрузок (рисунок А.7).

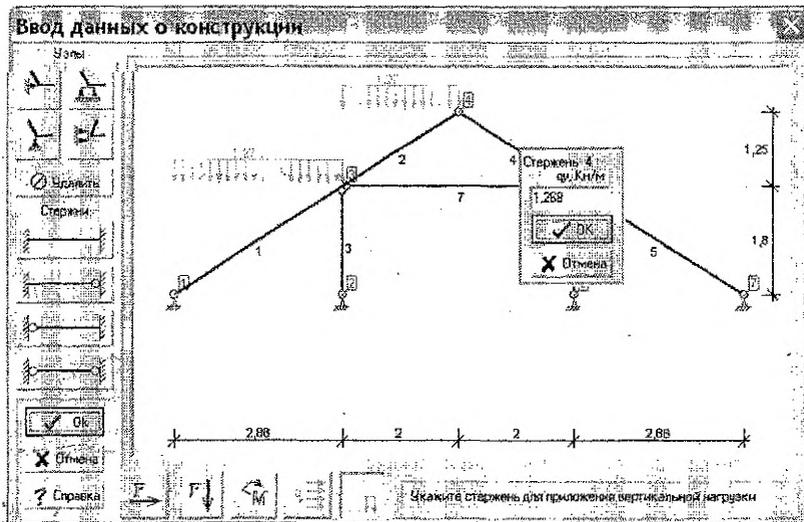


Рисунок А.7 – Ввод нагрузок

В программе предусмотрен также ряд проверок ввода исходных данных на их корректность, включая проверку расчетной модели на геометрическую неизменяемость, проверки на правильность численного представления вводимых величин, на корректность задания опорных связей и соединения стержней в узлах (учитывая, что не должно быть жесткого присоединения стержней к шарнирным узлам; жесткого защемления как опоры в шарнирном узле; шарнирного узла на консольном конце стержня и т.п.).

Введенные исходные данные могут быть сохранены программой в заданный файл (с расширением .qim).

После ввода данных и их проверки может быть запущен расчет системы, который в программе выполняется поэтапно. Нажатие кнопки «Смещения» вызывает расчет перемещений узлов (рисунок А.8), последующее нажатие кнопки «Усилия» позволяет выполнить расчет усилий в стержнях и показать их в таблице (рисунок А.9), при нажатии кнопки «Эпюры» появляется окно «Эпюры», в котором имеется три закладки – «Эпюра М» (рисунок А.10), «Эпюра Q» (рисунок А.11) и «Эпюра N» (рисунок А.12).

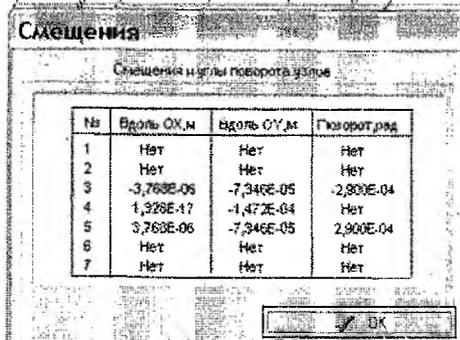


Рисунок А.8 – Таблица перемещений узлов

Усилия в стержнях

Усилия и моменты в стержнях

№	Изм. жест.	Изгибающий момент М, Кнм			Поперечная сила Q, Кн		Нормальная сила N, Кн		№ жест.
		Нач.	Середина	Кон.	Нач.	Кон.	Нач.	Кон.	
1	3	0,00	0,7912	-1,0378	1,2396	-1,8517	-1,9872	-0,035	2
3	4	-1,0378	0,1151	0,00	1,5156	-0,6354	-2,3607	-1,0174	2
2	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,0677	-4,0677	1
4	5	0,00	0,1151	-1,0378	0,6354	-1,5156	-1,0174	-2,3607	2
5	7	-1,0378	0,7912	0,00	1,8517	-1,2396	-0,035	-1,9872	2
5	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,0677	-4,0677	2
3	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,1884	0,1884	2

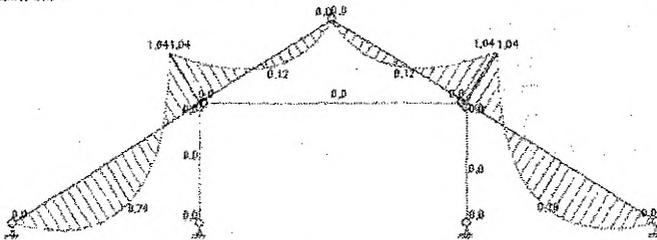
OK

Рисунок А.9 – Таблица усилий в стержнях

Эпюры

Эпюра М | Эпюра Q | Эпюра N

Эпюра моментов М, Кнм



Печать

Масштаб

Уменьшить

Увеличить >>>

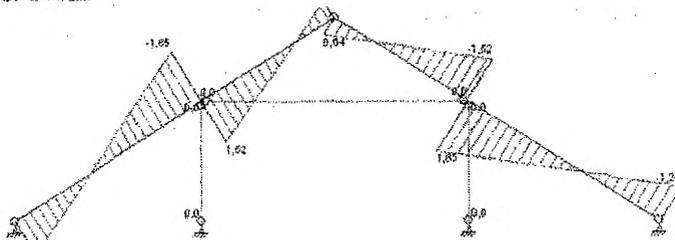
OK

Рисунок А.10 – Эпюра изгибающих моментов

Эпюры

Эпюра М | Эпюра Q | Эпюра N

Эпюра поперечных сил Q, Кн



Печать

Масштаб

Уменьшить

Увеличить >>>

OK

Рисунок А.11 – Эпюра поперечных сил

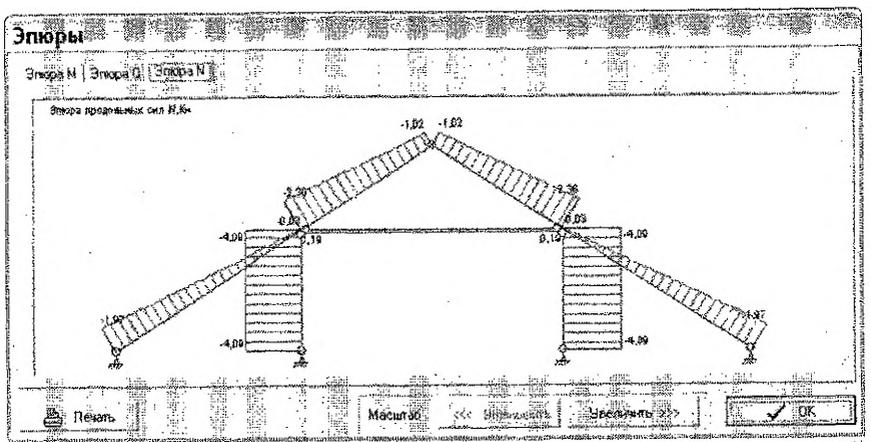


Рисунок А.12 – Эпюра продольных сил

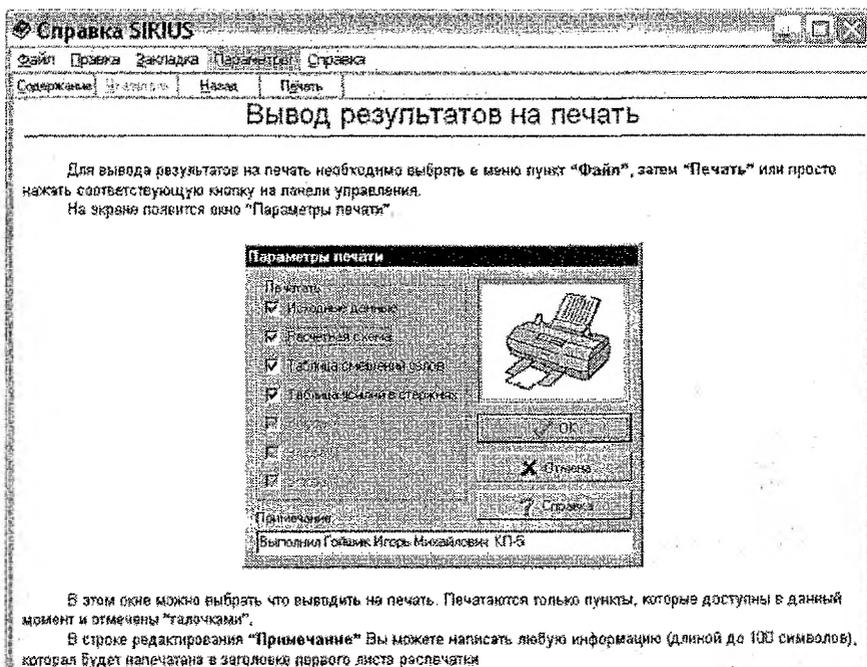
После выполнения расчета системы становится доступным режим определения усилий в заданном сечении. При нажатии на правой панели основного окна программы кнопки «Усилия в сечении» (рисунок А.2) появляется соответствующая панель (рисунок А.13), в окошках которой можно ввести номер стержня и расстояние до сечения, в котором требуется определить усилия. После их ввода программа выдает величины усилий в заданном сечении.



Рисунок А.13 – Определение усилий в заданном сечении

При открытии ранее созданного файла для его нового расчета или корректировки необходимо нажать кнопку «Открыть» или выбрать соответствующий пункт меню.

В программе имеется достаточно подробная и обширная справка (Help) о работе с программой, включая ввод исходных данных и их корректировку в табличном и графическом вариантах, расчет системы, определение усилий в любом заданном сечении и вывод результатов расчета на печать (рисунок А.14), а также содержащая краткое описание основ метода конечных элементов, представление о котором необходимо иметь при работе с программой.



В этом окне можно выбрать что выводить на печать. Печатаются только пункты, которые доступны в данный момент и отмечены "галочками".

В строке редактирования "Примечание" Вы можете написать любую информацию (длинной до 100 символов), которая будет напечатана в заголовке первого листа распечатки

Рисунок А.14 – Окно справки

Приложение Б
Результаты статического расчёта стропильной рамы

Всероссийский политехнический институт Кафедра стропильной механики	Программа SIRIUS	Версия 2.01
Выполнила Беломесова Диана Юрьевна П-311с Время печати 10:24:08 Дата печати 28.03.2011		

Исходные данные

Количество узлов системы - 7

Количество стержней - 7

Исходные данные об узлах системы

№	Тип	Опора	Координаты, м		Нагрузки		
			X	Y	F _x , Кн	F _y , Кн	M, Кнм
1	Шарнирный	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Шарнирный	Нет	4.88	3.05	0.00	0.00	0.00
3	Шарнирный	3	9.76	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Жесткий	3	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Жесткий	3	6.88	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Жесткий	Нет	2.88	1.80	0.00	0.00	0.00
7	Жесткий	Нет	6.88	1.80	0.00	0.00	0.00

Опоры:

1 - Шарнирно подвижная опора по OX

2 - Шарнирно подвижная опора по OY

3 - Шарнирно неподвижная опора

4 - Заделка

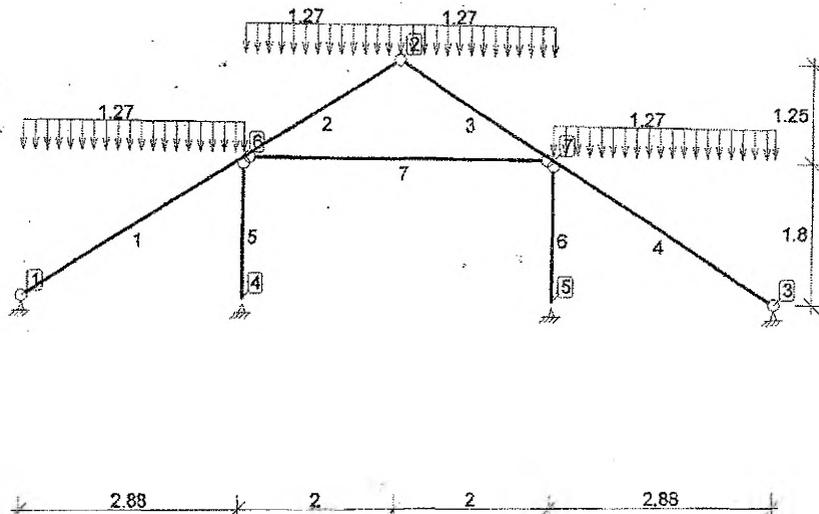
5 - Подвижная заделка по OX

6 - Подвижная заделка по OY

Исходные данные о стержнях системы

№	Нач.	Кон.	Тип	Жесткости			Нагрузки, Кн/м	
				№ типа	E, Кнм ²	EA, Кн	qx	qy
1	1	6	3	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	1.27
2	2	6	3	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	1.27
3	2	7	3	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	1.27
4	3	7	3	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	1.27
5	4	6	2	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	0.00
6	5	7	2	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	0.00
7	6	7	4	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	0.00

Расчетная схема



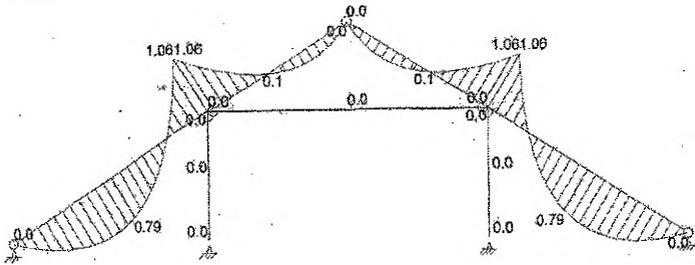
Смещения узлов

№	Вдоль OX, м	Вдоль OY, м	Поворот, рад
1	Нет	Нет	Нет
2	-2.175E-17	-1.221E-04	Нет
3	Нет	Нет	Нет
4	Нет	Нет	-1.597E-08
5	Нет	Нет	1.597E-06
6	-2.874E-06	-6.158E-05	-3.337E-05
7	2.874E-06	-6.158E-05	3.337E-05

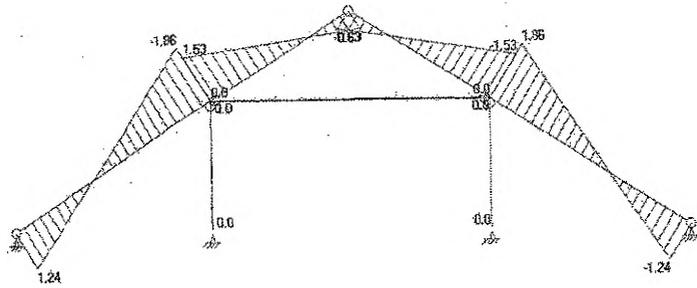
Усилия в стержнях

№	Истибающий момент M, Кнм	Истибающий момент M, Кнм			Поперечная сила Q, Кн		Нормальная сила N, Кн		№ жест. характ.
		Нач.	Середина	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец	
1	6	0.00	0.7864	-1.0607	1.2385	-1.8631	-1.9662	-0.0277	1
2	6	0.00	-0.1046	1.0607	-0.6272	1.5267	-1.0035	-2.3497	1
2	7	0.00	0.1046	-1.0607	0.6272	-1.5267	-1.0035	-2.3497	1
3	7	0.00	-0.7864	1.0607	-1.2385	1.8631	-1.9662	-0.0277	1
4	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.1053	-4.1053	1
5	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.1053	-4.1053	1
6	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1724	0.1724	1

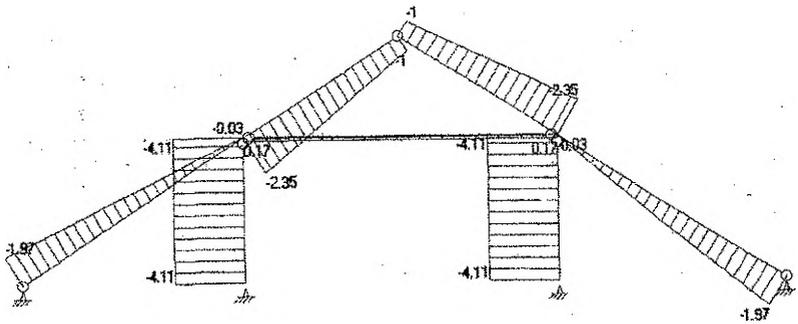
Эпюра моментов $M, \text{Кнм}$



Эпюра поперечных сил $Q, \text{Кн}$



Эпюра продольных сил $N, \text{Кн}$



Приложение В
Результаты статического расчёта прогона

Институт исследований и конструирования в области строительной механики	Программа SIRIUS	Версия 2.01
Выполнила Беломесова Диана Юрьевна П-311с		
Время печати 10:23:18 Дата печати 28.03.2011		

Исходные данные

Количество узлов системы - 4

Количество стержней - 3

Исходные данные об узлах системы

№	Тип	Опора	Координаты, м		Нагрузки		
			X	Y	F _x , Кн	F _y , Кн	M, Кнм
1	Жесткий	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Жесткий	1	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
3	Жесткий	1	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Жесткий	1	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00

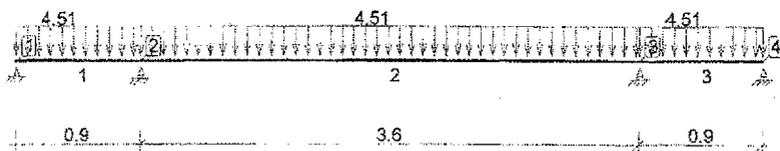
Опоры:

- 1 - Шарнирно подвижная опора по OX
- 2 - Шарнирно подвижная опора по OY
- 3 - Шарнирно неподвижная опора
- 4 - Заделка
- 5 - Подвижная заделка по OX
- 6 - Подвижная заделка по OY

Исходные данные о стержнях системы

№	Нач.	Кон.	Тип	Жесткости			Нагрузки, Кн/м	
				№ типа	EI, Кнм ²	EA, Кн	qx	qy
1	1	2	1	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	4.51
2	2	3	1	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	4.51
3	3	4	1	1	6.0000E+03	1.2000E+05	0.00	4.51

Расчетная схема



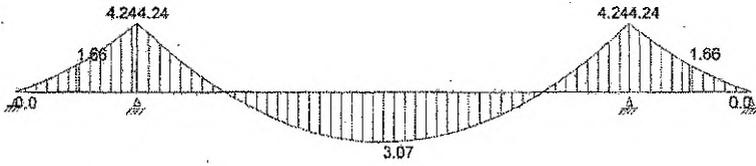
Смещения узлов

№	Вдоль ОХ, м	Вдоль ОУ, м	Поворот, рад
1	Нет	Нет	-8.317E-05
2	Нет	Нет	1.892E-04
3	Нет	Нет	-1.892E-04
4	Нет	Нет	8.317E-05

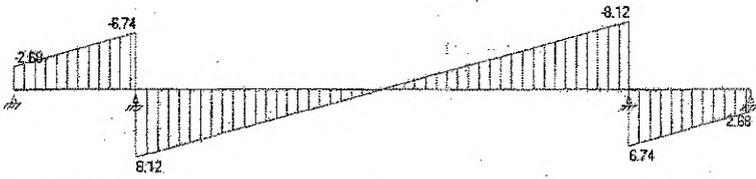
Усилия в стержнях

№		Изгибающий момент М, Кнм			Поперечная сила Q, Ки		Нормальная сила N, Ки		№ жест. характ.
Нач.	Кон.	Начало	Середина	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец	
1	2	0.00	-1.6835	-4.2402	-2.6818	-6.7408	0.00	0.00	1
2	3	-4.2402	3.086	-4.2402	8.118	-8.118	0.00	0.00	1
3	4	-4.2402	-1.6835	0.00	6.7408	2.6818	0.00	0.00	1

Эпюра моментов $M, \text{Кнм}$



Эпюра поперечных сил $Q, \text{Кн}$



Эпюра продольных сил $N, \text{Кн}$



УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составитель: Жук Василий Васильевич

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению контрольной работы по дисциплине
«Конструкции из дерева и пластмасс»
для слушателей специальности 1-70 02 71
«Промышленное и гражданское строительство»
Института повышения квалификации и переподготовки**

Ответственный за выпуск: Жук В.В.
Компьютерная верстка: Романюк И.Н.
Редактор: Строчак Т.В.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 07.07.2011 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка».
Усл. п. л. 1,86. Уч. изд. л. 2,0. Заказ № 686. Тираж 100 экз.
Отпечатано на ризографе Учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.