

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**И. С. Хомякова**

## **ТЕОРИЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, профиль программы «Проектирование объектов промышленного и гражданского строительства»

Калининград  
2023

УДК 69.04

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства ФГБОУ ВО  
«Калининградский государственный технический университет»  
Л.В. Узунова

**Хомякова, И. В.**

Теория расчета и проектирования: учеб.- методич. пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (профиль программы «Проектирование объектов промышленного и гражданского строительства») / **И. В. Хомякова.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 26 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал содержит методические материалы по выполнению курсовой работы, которые включают теоретический материал по расчету и проектированию железобетонных, металлических, деревянных конструкций, справочные материалы и критерии оценки.

Рис. 6, табл. 5, список лит. – 9 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 28.06.2023 г., протокол № 10

УДК 69.04  
© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования «Калининградский  
государственный технический  
университет», 2023 г.  
© Хомякова И.В., 2023 г.

## Содержание

Введение .....	4
1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы .....	5
2. Требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы .....	6
3. Организация защиты и критерии оценки курсовой работы .....	20
Список рекомендуемых источников .....	22
Приложение А. Пример оформления титульного листа .....	23
Приложение Б. Задания на курсовую работу .....	24

## Введение

Дисциплина «Теория расчёта и проектирования» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. Дисциплина читается в первом семестре для студентов заочной и очной форм обучения.

Целью выполнения курсовой работы является формирование у обучающихся компетенций, предусмотренных ФГОС ВО, систематизации знаний, умений, навыков, полученных ими при изучении теоретического курса. Для курсовой работы применяется расчётный анализ. Цели расчетного анализа достигаются путем выполнения статических расчетов моделей несущих систем или отдельных конструктивных элементов

При этом обучающемуся дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов, он знакомится с комплексом основных задач, связанных с расчетом и проектированием железобетонных, металлических и деревянных конструкций.

Задачами курсовой работы являются:

- прогноз прочности и устойчивости строительных конструкций;
- решение задач механики, в том числе не имеющих точного решения численными методами, т.е. решение с получением результатов с некоторым отклонением (допустимого / приемлемого уровня) от точного решения;
- разработка графической части, включающая все виды расчетных схем, схем узлов, принятых в задании.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** характер работы строительных конструкций зданий и сооружений, нагрузки и воздействия на здания и сооружения, методы расчета различных систем и принципы их конструирования, научные аспекты исследования НДС; современные информационные технологии и способы их использования при решении этих задач; состав исходных данных и нормативно-технические тре-

бования, необходимые для разработки проектной документации объекта строительства.

**Уметь:** правильно выбирать конструктивную форму здания или сооружения, приводящие к наименьшим внутренним усилиям и, как следствие, экономии материала; применять научные методы для постановки задачи исследования и их решения; разрабатывать задание на проектирование с учетом требований заказчика, технико-экономической целесообразности и соблюдения нормативно-технических требований при назначении конструктивного решения объекта строительства.

**Владеть:** навыками составления расчетных моделей зданий и сооружений, определения действующих нагрузок, расчетов, в том числе, с помощью программных комплексов, составления необходимых чертежей; иметь навыки разработки задания на проектирование конструктивного раздела в составе проектов объектов строительства.

### **1. Условия выбора темы и порядок разработки курсовой работы**

Тема курсовой работы – Разработать расчетную модель несущей системы, с последующим выполнением статического и прочностного расчетов элемента несущей системы.

Для выполнения работы студент принимает данные для расчётов согласно Приложению Б.

В исходных данных задается набор параметров, необходимый для статического и конструктивного расчетов: общий вид несущей системы, тип помещений, входящих в систему (поэтажный), материал конструкций.

Порядок разработки курсовой работы:

- определение расчетной схемы несущей системы;
- ввод расчетной схемы в вычислительный комплекс;
- назначение нагрузок и воздействий;
- определение расчетных усилий элементов;
- конструктивный расчет несущей конструкции;

- разработка графической части, включающей общий вид несущей системы, расчетные схемы, узлы.

## **2. Требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсовой работы**

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка в общем виде должна иметь следующую структуру:

- титульный лист (приложение А);
- задание (приложение Б);
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список используемых источников;

Во введении подчеркивается значение темы, формулируются цели и задачи работы.

Основная часть, которая состоит из двух разделов: в первом разделе содержатся теоретические основы разрабатываемой темы с представлением расчётной схемы; вторым разделом является практическая часть, которая представляется конструктивными расчётами, графиками (при необходимости), схемами, таблицами и т.п.

В заключении приводятся выводы и рекомендации о применении полученных результатов.

### **Требования к тексту пояснительной записки**

Объем курсовой работы должен составлять не менее 15-25 страниц, в том числе, введение - 1-2 страницы; теоретическая часть - 5-8 страниц; расчётная часть - 8-10 страниц, заключение 0,5-1 страница.

- формат бумаги А4;
- ориентация книжная;
- размер шрифта -12;

- гарнитура шрифта Times New Roman;
- межстрочный интервал полторный;
- абзац сопровождается отступом 1,25;
- выравнивание шрифта по ширине;
- нумерация страниц с третьей страницы;
- автоматический перенос слов;
- поля: верхнее, нижнее, левое, правое – 2,0 см;
- все формулы набираются в редакторе формул и нумеруются, на них должны быть ссылки в тексте в круглых скобках;
- таблицу помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице. Все таблицы нумеруются и имеют название.
- все иллюстрации (рисунки, схемы, чертежи) именуется рисунками, нумеруются по порядку, имеют название.

На все рисунки, схемы, таблицы должны быть ссылки в тексте, при этом слово «таблица», «рисунок» в тексте пишут полностью.

Независимо от шрифта таблицы оформляют размером 12pt через один интервал.

В приложении помещают материал, дополняющий основной текст.

Графическая часть проекта состоит из двух листов формата А3, на котором изображаются:

1. Расчетная схема здания.
2. Схемы внутренних усилий (M, Q, N);
3. Чертежи рассчитываемой конструкции.

### **Тема курсовой работы и методика выполнения**

Тема курсовой работы: Разработать расчетную модель несущей системы, с последующим выполнением статического и прочностного расчетов элемента несущей системы.

В задании на курсовую работу дана приблизительная конструктивная схема здания (Приложение Б, таблица 1).

Студенту необходимо по данной схеме здания:

- определить конструктивную схему здания согласно заданию;
- описать и назначить нагрузки, действующие на элементы здания;
- рассчитать заданный в Приложении 1 элемент.
- запроектировать рассчитываемый элемент.

В пояснительной записке, *во введении*, дать краткий анализ несущей системы здания, например, сборный железобетонный каркас без связевых элементов (рамная схема); перекрытия этажей монолитные железобетонные по монолитным железобетонным ригелям.

Произвести описательную характеристику элементов здания (расчётные характеристики материалов, толщина элемента выбирается студентом самостоятельно), например, плита перекрытия – монолитная железобетонная толщиной  $h_1 = 200$  мм из тяжелого бетона, класса В30.  $R_b=17$ МПа; арматура класса А500,  $R_s=455$ МПа,  $E_b=32,5 \times 10^3$ МПа.

Состав пола: покрытие пола толщиной  $h_{п} = 28$  мм: паркет (16 мм) на подложке из фанеры (12 мм) по основанию из легкого бетона D1500 толщиной 16 мм. Плита покрытия сборная железобетонная толщиной  $h_{пк} = 220$  мм из тяжелого бетона. По плите: выравнивающая стяжка толщиной  $h_c = 15$  мм из мелкозернистого бетона объемным весом  $\rho = 19$  кН/м<sup>3</sup>. Слой утеплителя толщиной  $h_y = 180$  мм объемным весом  $\rho = 0,80$  кН/м<sup>3</sup>. Слой керамзита объемным весом  $\rho = 6,4$  кН/м<sup>3</sup> (для создания уклона) средней толщиной  $h = 200$  мм. Выравнивающая стяжка толщиной  $h = 30$  мм из мелкозернистого бетона объемным весом  $\rho = 19$  кН/м<sup>3</sup>. Гидроизоляционный ковер из 2-х слоев гидростеклоизола. Ригели монолитные железобетонные  $b \times h = 200 \times 400$  мм, бетон класса В30,  $R_b=17$ МПа; арматура класса А500,  $R_s=455$ МПа,  $E_b=32,5 \times 10^3$ МПа. Колонны монолитные сечением  $b \times h = 300 \times 300$  мм, бетон класса В35,  $R_b=19,5$ МПа; арматура класса А500,  $R_s=455$ МПа,  $E_b=34 \times 10^3$ МПа и т.д.

*В первом параграфе* необходимо произвести сбор нагрузок на рассчитываемую конструкцию. Сбор нагрузок производить в табличной форме (таблица 1). Кроме этого, студент должен аргументировать применённые в таблице коэффициенты (дать ссылки на нормативную литературу).



Таблица 1 - Сбор нагрузок

Характер нагружения	Вид нагрузки	Обозначение	Расчет	Нормативное значение, кН/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности $\gamma_f$	Расчетная нагрузка, кН/м <sup>2</sup>	Примечание
Постоянная	Собственный вес плиты	$g_{pl}$	$\rho \times h$				
	Нагрузка от массы пола	$g_f$					
	Всего:	$g$	$g_{pl} + g_f$				
Временная	Временная кратковременная	$v_{sh}$					
	Временная длительная	$v_2$					
	Всего:	$v$	$v_{sh} + v_2$				
Полная	Полная суммарная	$q$	$q = g + v$				
	длительная	$q_l$	$q = g + v_2$				

Во втором параграфе необходимо задать расчетную схему здания с указанием всех действующих нагрузок на элементы здания (в программном комплексе ЛИРА, SCAD).

В третьем параграфе производится расчет заданной в таблице 1, Приложения Б конструкции.

### Статический и конструктивный расчеты

*Пример выполнения варианта курсовой работы.*

Тема работы: Разработать расчетную модель несущей системы, с последующим выполнением статического и прочностного расчета фермы.

Исходные данные: деревянное каркасное здание пролетом 17 м; шаг конструкций – 6 м; древесина - сосна, температурно-влажностные условия - 2; высота фермы  $h=2,95$  м., пролет 6 м, высота колонны – 6,2 м, длина здания – 36 м. Ригель - треугольная ферма, выполненная из элементов составного сечения.

Таблица 2 - Сбор нагрузок на стропильную ферму

Вид нагрузки	Нагрузка, кН/м <sup>2</sup>			Погонная нагрузка, кН/м	
	Нормативная	$\gamma_f$	Расчетная	Нормативная	Расчетная
Покрытие	0.444		0.508	2.664	3.046
Собственный вес фермы	0.094	1.1	0.104	0.566	0.622
Итого постоянные:	0.538	-	0.611	3.230	3.668
Снеговая нагрузка	1.680		2.400	10.080	14.400
<b>ИТОГО:</b>	<b>2.218</b>		<b>3.011</b>	<b>13.310</b>	<b>18.068</b>

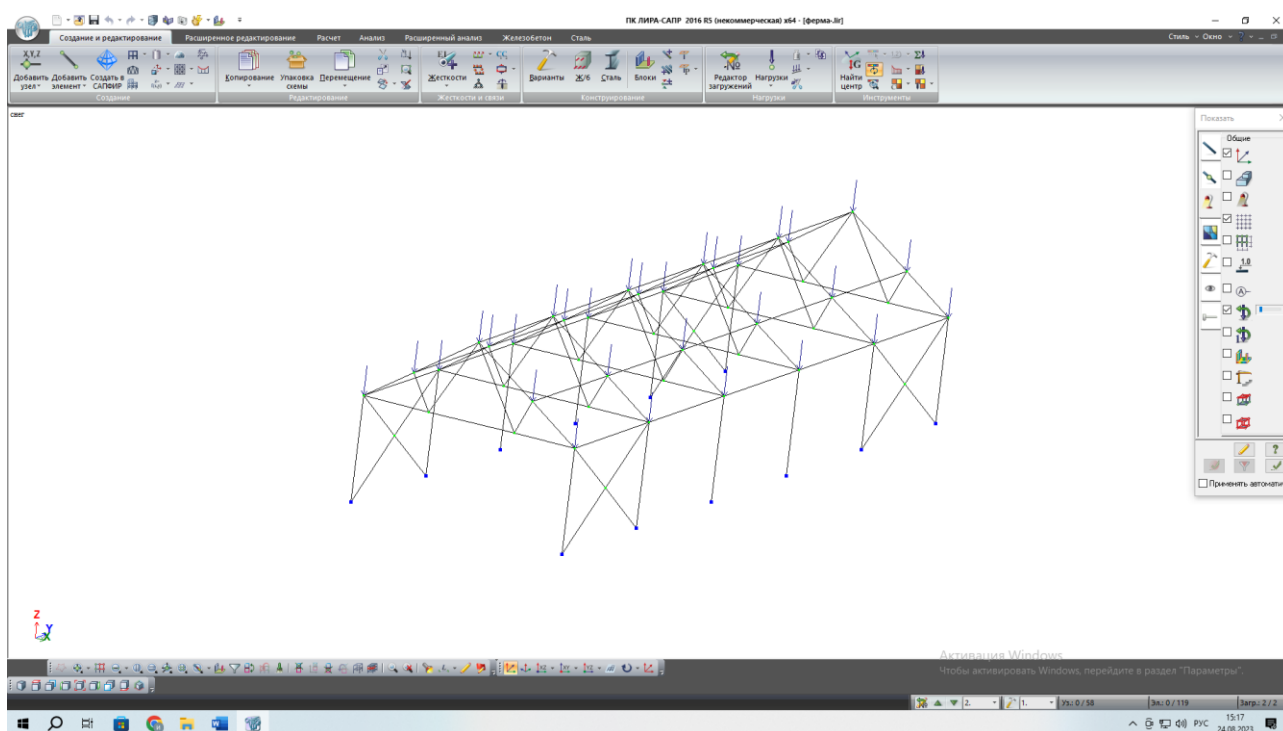


Рисунок 1 - Расчетная схема объекта

Согласно заданию – ферма треугольной формы с расчетным пролетом:  
 $L=16,800$  м, со стрелой подъема:  $h_f = 2,950$  м.

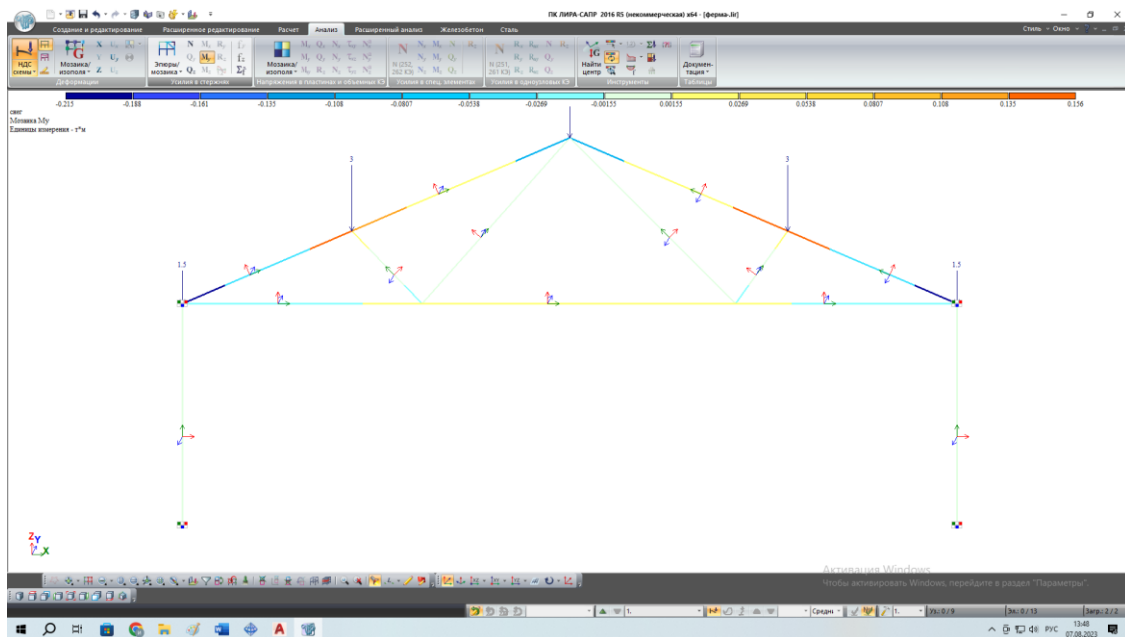


Рисунок 2 - Схема фермы с мозаикой напряжений

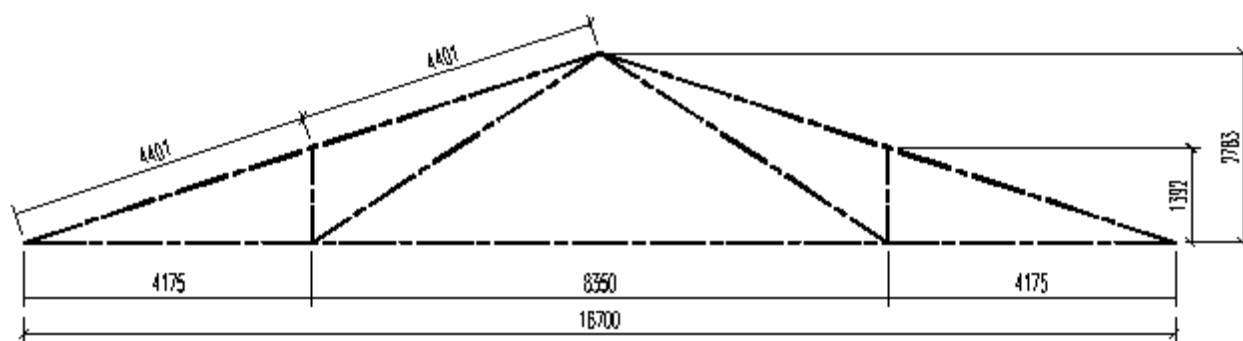


Рисунок 3 - Геометрическая схема фермы

### Сбор нагрузок

Статический расчет стропильной фермы принятой геометрии производится на действие постоянных и снеговой нагрузок (приложенной по всему пролету и на его половине).

При определении погонной нагрузки учитывается, что шаг несущих конструкций  $l=6,0$  м.

Собственный вес фермы:

$$g_{\phi} = \frac{g_n + p_n}{(1000/k_{\phi}L) - 1} = \frac{0.402 + 1.648}{(1000/2.5 \cdot 17) - 1} = 0.092 \text{ кН/м}^2$$

$k_{\phi} = 2,5$  – коэффициент «собственного веса» фермы, зависящий от типа конструкции.

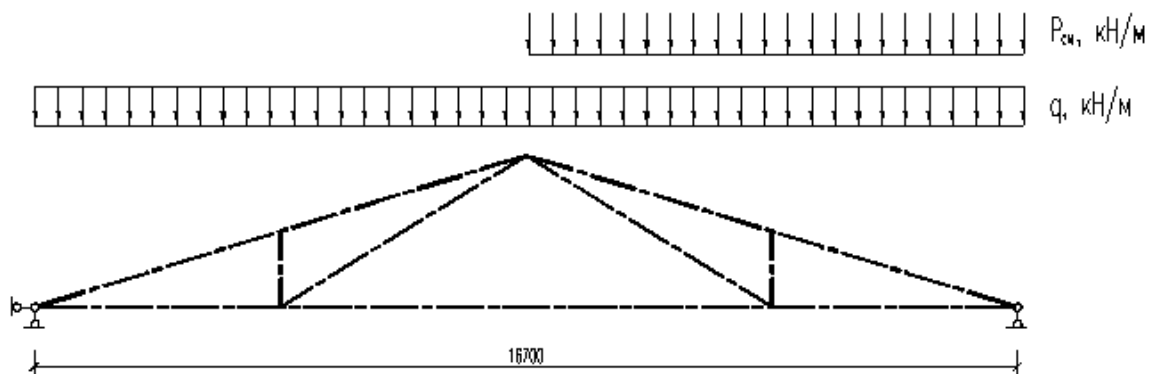


Рисунок 4 - Расчетная схема фермы

Таблица 3 - Статический расчет фермы

Узел	Стержень	От единичной нагрузки 1 кН/м			Постоянная нагрузка, q=3.368 кН	Снеговая нагрузка, q=14.400 кН			Расчётное усилие
		Слева	Справа	Пролёт		Слева	Справа	Пролёт	
1		2	3	4	5	6	7	8	9
Верхний пояс	1-2	-13.93	-6.630	-20.56	-75.411	-200.592	-95.472	-296.064	-371.475
	2-4	-13.93	-6.630	-20.56	-75.411	-200.592	-95.472	-296.064	-371.475
	4-6	-6.63	-13.930	-20.56	-75.411	-95.472	-200.592	-296.064	-371.475
	6-7	-6.63	-13.930	-20.56	-75.411	-95.472	-200.592	-296.064	-371.475
Нижний пояс	1-3	12.58	6.300	18.88	69.249	181.152	90.720	271.872	341.121
	3-5	6.30	6.310	12.61	46.251	90.720	90.864	181.584	227.835
	5-7	6.30	12.580	18.88	69.249	90.720	181.152	271.872	341.121
Раскосы	2-3	-4.20	0.000	-4.20	-15.405	-60.480	0.000	-60.480	-75.885
	5-6	0.00	-4.200	-4.20	-15.405	0.000	-60.480	-60.480	-75.885
	3-4	7.55	-0.010	7.54	27.655	108.720	-0.144	108.576	136.231
	4-5	-0.01	7.550	7.54	27.655	-0.144	108.720	108.576	136.231

Конструктивный расчет верхнего пояса

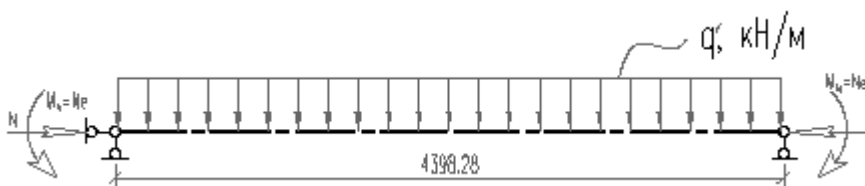


Рисунок 5 - Расчетная схема верхнего пояса

Предварительные геометрические размеры поперечного сечения составляющих элементов и сечения в целом:

$$A_1 = bh_1 = 17.5 \cdot 15 = 262.5 \text{ см}^2$$

$$I_1 = \frac{bh_1^3}{12} = \frac{17.5 \cdot 15^3}{12} = 4921.875 \text{ см}^4$$

$$A_2 = bh_2 = 17.5 \cdot 17.5 = 306.25 \text{ см}^2$$

$$I_2 = \frac{bh_2^3}{12} = \frac{17.5 \cdot 17.5^3}{12} = 7815.755 \text{ см}^4$$

$$W_y = \frac{bh^2}{6} = \frac{17.5 \cdot 32.5^2}{6} = 3080.729 \text{ см}^3$$

$$I_y = \frac{b(h_1 + h_2)^3}{12} = \frac{17.5 \cdot (17.5 \cdot 2)^3}{12} = 50061.849 \text{ см}^4$$

$$S_y = \left( \frac{(h_1 + h_2)}{2} - \frac{h_1}{2} \right) \cdot A_1 = \left( \frac{17.5 \cdot 2}{2} - \frac{17.5}{2} \right) \cdot 262.5 = 2296.875 \text{ см}^3$$

$$\frac{S_y}{I_y} = \frac{50061.849}{2296.875} = 0.046$$

Механические характеристики древесины: сосна 2-го сорта;  $R_c = R_{и} = 1,5 \text{ кН/см}^2$ ;  $E = 450 \text{ кН/см}^2$ .

Характеристики средств соединения: нагельные пластины Ст9Г6к;  $d = 6 \text{ мм}$ ;

$n_n = 9$ ;  $T_n = 1.4 \text{ кН}$ ;  $T_c = T_n \cdot d = 1.4 \cdot 9 = 12.6 \text{ кН}$ ;  $d_c = 0.1 \text{ см}$ ;  $D_c = 0.2 \text{ см}$ .

Продольная сила:  $N = 371.475 \text{ кН}$ ; Максимальный изгибающий момент от поперечной нагрузки:

$$M_q = \frac{q' \cdot L_n^2}{8} = \frac{0.171 \cdot 439.828^2}{8} = 4144.848 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

$$q' = q \cdot \cos 18.433^\circ = 0.181 \cdot 0.9486 = 0.171 \text{ кН/см}$$

Для уменьшения величины изгибающего момента используется эксцентричное сопряжение панелей верхнего пояса в узлах фермы через жесткие торцевые диафрагмы. Минимально допустимая высота диафрагмы определяется из расчета опорного торца панели на смятие:

$$h_m \geq \frac{N}{bR_{см}} = \frac{371.475}{17.5 \cdot 1.5} = 14.151 \text{ см}$$

Продольная сила передается торцам нижнего и верхнего составляющих элементов – брусев для снижения общего количества связей сдвига вследствие восприятия части сдвигающих усилий по плоскости сплачивания торцевыми диафрагмами. При таком нагружении появляется эксцентриситет:

$$e = \frac{M_q}{N(\xi + 1)} = \frac{4144.848}{371.475 \cdot (0.6 + 1)} = 6.974 \text{ м}$$

$x = 0.6$  – коэффициент деформационных приращений изгибающих моментов.

Высота опорной диафрагмы:

$$h_t \geq h_y - 2e = 32.5 - 2 \cdot 6.974 = 18.553 \text{ см}$$

По конструктивным требованиям:

$$h_t \geq h_1 + 0.2h_2 = 15.0 + 0.2 \cdot 17.5 = 18.5 \text{ см}$$

Расчетная высота диафрагмы принята:  $h_T = 19,0$  см. Геометрический размер диафрагмы 19,5 см, с учетом зазора между брусками, равный толщине нагельной пластины:  $t_{н.п.} = 0,5$  см.

Определение момента, образуемого за счет эксцентричного сжатия панели верхнего пояса:

$$M_\varepsilon = N \cdot e = N \cdot \frac{(h - h_t)}{2} = 371.475 \cdot \frac{(32.5 - 19)}{2} = 2507.453 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Суммарная сдвигающая сила на полудлине плоскости соединения панели верхнего пояса как стержня целого сечения:

от поперечной нагрузки:

$$T_q = M_q \cdot \frac{S_y}{I_y} = 4144.848 \cdot 0.046 = 190.168 \text{ кН}$$

от изгибающего момента  $M_\varepsilon$  с учетом нагружения через диафрагмы:

$$T'_\varepsilon = k_\varphi \cdot M_\varepsilon \cdot \frac{S_y}{I_y} = 0.25 \cdot 2507.453 \cdot 0.046 = 28.761 \text{ кН}$$

Расчетное количество связей сдвига, необходимое для восприятия сдвигающих сил на полудлине стержня (с учетом их деформационных приращений):

$$n_c \geq \frac{k_m(T_q - T'_\varepsilon)}{\xi T_c} = \frac{1.0 \cdot (190.168 - 28.761)}{0.6 \cdot 16.8} = 16.012 \approx 16$$

Количество связей сдвига, подлежащих установке (с учетом работы опорных диафрагм, перекрывающих плоскость сплачивания):

$$n_c' \geq \frac{k_m(k_{\varphi q} T_q - T'_\varepsilon)}{\xi T_c} = \frac{1.0 \cdot (0.833 \cdot 190.168 - 28.761)}{0.6 \cdot 16.8} = 12.862 \approx 13$$

$k_{dq}=0.833$  коэфф. работы опорных диафрагм при изгибе под распределенными нагрузками.

Поверочный расчет принятых конструктивных параметров:

Напряжение сжатия в составных элементах:

$$\sigma_{ic} = N_i / A_i = 371.475 / 568.75 = 0.653 \text{ кН / см}^2$$

Жесткость средств соединения на полудлине:

$$k_c = n_c T_c / \delta_c = 16 \cdot 16.8 / 0.1 = 2688.0 \text{ кН / см}$$

Деформативность соединения по шву:

$$\Delta_{cx} = 2T_g / k_c = 2 \cdot 190.169 / 2688.0 = 0.141 \text{ см}$$

Взаимное смещение элементов (при  $n_c = 0$ ):

$$\Delta_o = \frac{M_g L_n \sum h_i}{2k_g \sum EI_i} = \frac{4144.848 \cdot 439.828 \cdot 32.5}{2 \cdot 3 \cdot 450 \cdot 12737.630} = 1.723 \text{ см};$$

Взаимное смещение элементов (при  $n_c = 15$ ):

$$\Delta_{oc} = \frac{\Delta_o \Delta_{cx}}{\Delta_o + \Delta_{cx}} = \frac{0.141 \cdot 1.723}{0.141 + 1.723} = 0.131 \text{ см}$$

Параметр  $m_{wi}$  (для определения коэффициента  $k_{wi}$ ):

$$m_{wi} = \left( \frac{h_i EI}{h \sum EI_i} \right) - 1 = n - 1 = 2 - 1 = 1$$

Коэффициент влияния податливости:

$$k_{wi} = \frac{1}{1 + m_{wi} \Delta_{oc} / \Delta_o} = \frac{1}{1 + 1 \cdot \frac{0.131}{1.723}} = 0.929$$

Параметр  $m_1$  (для определения коэффициента  $k_1$ ):

$$m_1 = \left( \frac{EI}{h \sum EI_i} \right) - 1 = n^2 - 1 = 2^2 - 1 = 3$$

Коэффициент влияния податливости:

$$k_{wi} = \frac{1}{1 + m_{w1} \Delta_{oc} / \Delta_o} = \frac{1}{1 + 3 \cdot \frac{0.131}{1.723}} = 0.815$$

Радиус инерции поперечного сечения:

$$r_n = \sqrt{r k_1} = \sqrt{\frac{I_w k_1}{A}} = \sqrt{\frac{50061.849 \cdot 0.815}{568.75}} = 8.467 \text{ см}$$

Гибкость стержня составного сечения:

$$\lambda_n = \frac{L_n}{r_n} = \frac{439.828}{8.467} = 51.944$$

Критическая сила:

$$N_{\psi} = \frac{3000 \cdot AR_c}{\lambda_n^2} = \frac{3000 \cdot 568.75 \cdot 1.5}{51.944^2} = 948.553 \text{ кН}$$

Коэффициент деформационных приращений:

$$\xi = \frac{1}{1 + \frac{\psi N}{N_{\psi} - N}} = \frac{1}{1 + \frac{1.0 \cdot 371.475}{948.553 - 371.475}} = 0.608$$

Изгибающий момент:

$$M_{\text{деф}} = \frac{M_g - M_e}{\xi} = \frac{4144.848 - 2507.453}{0.608} = 2691.413 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Первое предельное состояние

- прочность нормальных сечений:

$$\sigma = \sigma_z + \frac{M_{\text{деф}}}{k_{wi} W_y} = 0.653 + \frac{2691.413}{0.929 \cdot 3080.729} = 1.563 \text{ кН} / \text{см}^2 < \frac{R_c}{\gamma_n} = \frac{1.5}{0.95} = 1.579 \text{ кН} / \text{см}^2$$

- прочность средств соединения:

$$T_n = \frac{k_{\text{дг}}}{\xi} (k_m T_g - T_e') \left( 1 - \frac{\Delta_{\text{ос}}}{\Delta_{\text{о}}} \right) = \frac{0.833}{0.608} \cdot (1 \cdot 190.169 - 28.761) \cdot \left( 1 - \frac{0.131}{1.723} \right) = 204.228 \text{ Н}$$

$$T_n = 204.228 \text{ кН} < 268.800 \text{ кН}$$

$$n_c T_c = 16.8 \cdot 16 = 268.800 \text{ кН}$$

Прочность составного стержня по нормальным сечениям и прочность средств соединения обеспечены. Проверку устойчивости плоской формы деформирования панели верхнего пояса производить не нужно, т.к. раскрепление связями в сочетании с продольными ребрами и наклонными элементами плит покрытия рассматривается как «сплошное».

Расчетные координаты связей сдвига на полудлине плоскости сплачивания

( $n_c' = 15$ ):

$$X_{k+1} = \frac{L}{\pi} \arcsin \frac{\kappa}{n_c}, [\text{рад}]$$

Расстояния между нагельными пластинами:

$$S_{L,k+1} = X_{k+1} - X_k < S_{L,\text{min}} = 9d$$

Расстояние от торцов стержня до первой пластины принимается равным:  $S_1 =$

$$9d = 5.4 \text{ см.}$$



Таблица 4 - Координаты связей сдвига и расстояние между ними в элементах фермы, см

Порядковый номер связи, k	1	2	3	4	5	6	7	8
Координаты связей сдвига, X	0.00	8.76	17.55	26.41	35.38	44.50	53.82	63.40
Расстояние, S	5.40	8.76	8.79	8.86	8.97	9.12	9.32	9.58
Порядковый номер связи, k	9	10	11	12	13	14	15	16
Координаты связей сдвига, X	73.30	83.64	94.52	106.13	118.73	132.78	149.16	170.15
Расстояние, S	9.91	10.33	10.88	11.61	12.60	14.05	16.38	20.99

### Расчет нижнего пояса фермы

Нижний пояс фермы выполнен из проката уголкового профиля по ГОСТ 8509–72, сталь марки ВСт3Пс6.1 по ГОСТ 380 – 71\*, согласно [3]. Так как разница в величине усилий в отдельных панелях нижнего пояса значительна, усилия определяются в каждом элементе по отдельности.

Элементы 1-3, 5-7. Расчетное усилие  $N = 341.120$  кН.

Требуемая площадь сечения:

$$A_{\text{треб}} \geq \frac{N \gamma_n}{R_y \gamma_c} = \frac{341.120 \cdot 10^3 \cdot 0.95}{23.5 \cdot 10^7 \cdot 0.95} = 14.516 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$\gamma_n = 0.95$  – коэффициент надежности по назначению для II класса надежности.

$\gamma_c = 0.95$  – коэффициент условий работы [3].

$R_y = 23.5$  кН/см<sup>2</sup> – расчетное сопротивление стали по пределу текучести [3];

Принимаем два уголка 75х7:

$$A_{275 \times 7} = 2 \cdot 10.150 = 20.300 \text{ см}^2 > 15.998 \text{ см}^2$$

$$i = 0.0214 \text{ м}$$

$$\lambda_{zn} = \frac{L}{i} = \frac{4.175}{0.0214} = 195.093 < \lambda_{\text{пред}} = 400$$

Элементы 3-5. Расчетное усилие  $N = 227.835$  кН.

Требуемая площадь сечения:

$$A_{\text{треб}} \geq \frac{N \gamma_n}{R_y \gamma_c} = \frac{227.835 \cdot 10^3 \cdot 0.95}{23.5 \cdot 10^7 \cdot 0.95} = 9.695 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Принимаем два уголка 70х5:

$$A_{270 \times 5} = 2 \cdot 6.860 = 13.720 \text{ см}^2 > 9.333 \text{ см}^2$$

$$i = 0.0215 \text{ м}$$

$$\lambda_{zn} = \frac{L}{i} = \frac{4.175}{0.0215} = 388.372 < \lambda_{\text{пред}} = 400$$

### *Расчет элементов раскосной решетки*

Элементы 2-3, 5-6. Расчетное усилие  $N=75.885$  кН. Используются деревянные элементы с поперечным сечением:  $b \times h = 7.5 \times 17.5$  см. Размер  $h = 17.5$  см принят из условия равенности ширине сечения верхнего пояса фермы для упрощения узловых сопряжений. Размер в плоскости  $b = 7.5$  см принят из условия размещения болтов  $d = 12$  мм для закрепления стойки к панели верхнего пояса ферм, при этом:  $2 S_3 = 2 \cdot 2.5d = 6.0$  см. Материал – сосна 3-го сорта.

$R_c = 1.0$  кН/см<sup>2</sup> – расчетное сопротивление сжатию.

При отсутствии изгибающих моментов, определяющим является расчет на устойчивость.

Определение гибкости элемента (в плоскости фермы):

$$\lambda_y = \lambda_{\max} = \frac{l_0}{i_{\min}} = 139.15 / 40.169 = 3.464$$

$l_0 = 139.15$  см – геометрическая высота элементов 2-3, 5-6.

$i_{\min} = 40.169$  см – радиус инерции по меньшей стороне элемента. Коэффициент продольного изгиба:

$$\varphi = 1 - 0.8 \left( \frac{\lambda_{\max}}{100} \right)^2 = 1 - 0.8 \left( \frac{3.464}{100} \right)^2 = 0.999$$

Расчет устойчивости элемента принятого сечения:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi A} = \frac{75.885}{0.999 \cdot 131.25} = 0.579 \text{ кН / см}^2 < \frac{R_c}{\gamma_c} = \frac{1}{0.95} = 1.052 \text{ кН / см}^2$$

Элементы 3-4, 4-5. Расчетное усилие  $N=136231.41$  Н. В связи с большой величиной усилий растяжения эти элементы целесообразно изготавливать из двух арматурных стержней класса А-240. Требуемая площадь поперечного сечения:

$$A_{\text{нр}} \geq \frac{N \gamma_n}{R_s \gamma_c} = \frac{136.231 \cdot 0.95}{3.65 \cdot 10^8 \cdot 0.85} = 4.171 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$\gamma_n = 0.95$  – коэффициент надежности по назначению для II класса надежности.

$R_s = 36.5 \text{ кН/см}^2$  – расчетное сопротивление растяжению для арматуры А240  
 $g_c = 0.85$  – коэффициент неравномерности распределения усилий между отдельными, совместно работающими, гибкими элементами (арматурными стержнями).

Принимаем 2 стержня арматуры класса А300 с  $A_s = 5.090 \text{ см}^2 > A_{тр} = 4.171 \text{ см}^2$ .

### *Расчет и конструирование узлов фермы*

#### **Опорный узел**

Конструированию и расчету подлежат: опорная торцевая диафрагма, опорная пластина, ребра жесткости, сварные швы.

#### **Опорная торцевая диафрагма**

Ширина опорной торцевой диафрагмы равна ширине верхнего пояса:  $b_d = b_n = 17.5 \text{ см}$ , высота диафрагмы:  $h_d = 19 \text{ см}$ , (расчетная высота диафрагмы:  $h_d = 19 \text{ см}$ , см. выше, в расчете верхнего пояса фермы).

Толщина торцевой диафрагмы определяется из расчета отдельных ее участков на поперечный изгиб под действием равномерно распределенной нагрузки, величина которой на единичную ширину пластинки численно равна контактными напряжениям сжатия в верхнем поясе фермы:

Максимальный изгибающий момент на единичную полосу торцевой диафрагмы, как пластинки, опертой по трем сторонам, с соотношением размеров  $b_d / a_d = 4.000$ , при котором численный коэффициент  $\beta = 0.133$ :

$$q = \sigma_c \cdot 1 = N \gamma_n / A_b = 371.475 \cdot 0.95 / 306.35 = 1.152 \text{ кН / см}^2$$

$$M_{\max} = \beta \cdot a^2 \cdot q = 0.133 \cdot 4.375^2 \cdot 1.152 = 2.941 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

Требуемая толщина торцевой диафрагмы:

$$t_d > \sqrt{\frac{6 M_{\max} \gamma_n}{\gamma_c k_{yn} R_y}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 2.941 \cdot 0.95}{0.95 \cdot 1.2 \cdot 22.5}} = 0.808 \text{ см}$$

$$t = 1.0 \text{ см}$$

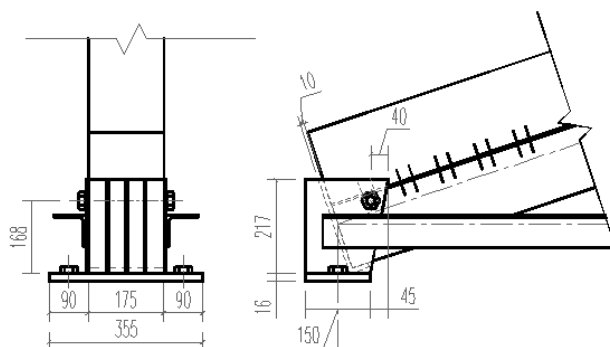


Рисунок 6 - Опорный узел фермы

- все детали должны быть пронумерованы;
- на чертеже указываются технические требования.

### *Заключение*

В данной курсовой работе была представлена расчётная модель одноэтажного деревянного здания. Были рассчитаны и приложены нагрузки к несущей конструкции (ферме). Кроме этого был произведен статический и конструктивный расчеты треугольной фермы составного сечения, запроектирован опорный узел. Все конструкции были рассчитаны согласно нормативным документам.

### *Список литературы*

## **3. Организация защиты и критерии оценки курсовой работы**

Выполненная курсовая работа представляется для проверки на кафедре строительства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки курсовая работа допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовая работа отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать ее на проверку.

Если работа допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты.

Система оценивания результатов защиты курсовой работы включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Критерии выставления оценки

Оценка Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## Список рекомендуемых источников

1. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Дата введения 2019.06.20 М.: ГУП «НИИЖБ, ФГУП ЦПП, 2020. -238 с.
2. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ГУП «НИИЖБ, ФГУП ЦПП, 2004.
3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. - М.: ОАО «ЦНИИПромзданий, 2005. -214 с.
4. СП20.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*: Взамен СП 20.13330-2011. – М.: ФАУ ФЦС, 2016 -102 с.
5. СП16.13330.2017 Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*: Дата введения 2017.08.28– М.: ФАУ ФЦС, 2016 -139 с.
6. СП64.13330.2016 Актуализированная редакция СНиП II.25.07-80\*: Дата введения 2017.08.28 – М.: ФАУ ФЦС, 2016 -105 с.
7. . Темников В.Г. Металлические конструкции. Пособие по проектированию рабочей площади промышленного здания. – Иркутск, ИрГТУ, 2013, – 86 с.
8. Металлические конструкции. 1 и 2 тт. Учеб. для строительных вузов / Под ред. В.В Горева. – 2-е изд. – М.: Выс. шк., 2001. – 551 и 528 с.
9. Конструкции из дерева и пластмасс: Учеб. Для вузов /Ю.В. Слицкоухов, В.Д. Буданов, М.М. Гаппоев и др.; под ред. Г.Г. Карлсена и Ю.В. Слицкоухова.–5-е изд. . – М.: Выс. шк., 2013. – 426 с.

**Приложение А. Пример оформления титульного листа**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт морских технологий, энергетики и строительства

Кафедра строительства

**КУРСОВАЯ РАБОТА**  
**по дисциплине «Теория расчета и проектирования»**

**КР 08.04.01.ХХ<sup>1</sup>СТ.ХХ<sup>2</sup>**

Работу выполнил  
Ф.И.О. студента полностью

Работу проверил  
Ф.И.О. преподавателя  
с оценкой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

**Калининград 20\_\_**

---

<sup>1</sup> Номер группы  
<sup>2</sup> Номер варианта

### Задания на курсовую работу

Задание на курсовую работу содержит: конструктивную схему – таблица 1 (номер задания выдаёт преподаватель), вариант исходных данных по последней цифре шифра зачётной книжки.

*Таблица 1 - Варианты конструктивных схем моделей, исходные данные для расчета*

№	Материал	Конструктивная модель
1	а) Сборный железобетон б) Монолит	
2	а) Металл	
3	Древесина клееная	



Таблица 2

№ варианта	№ схемы	Длина здания, м	Пролет, м	Высота колонны м	Количество про- летов	Шаг, В.м	Город	Кол-во этажей	Назначение по- мещений	Рассчитываемая конструкция
1	1б	20	6	3,5	3	5	Сочи	2	СП* п.1	ж/б плита с круглыми пустотами
2	1а	30	6	3,5	2	6	Тикси	3	СП* п.2	
3	2	30	28	7,5	2	6	Москва	1	-	ферма
4	1а	24	7,2	3,3	2	6	Омск	5	СП* п.1	Монолитное ребристое перекрытие
5	3	30	21	6,5	1	6	Томск	1	-	Колонна
6	2	30	28	7,5	2	6	Тверь	1	-	Колонна
3	1а	54	7,2	3,5	3	6	Омск	3	СП* п.1	Монолитное ребристое перекрытие
7	3	54	18	6,5	2	6	Самара	1	-	Ферма
8	2	36	21	8	2	6	Оренбург	1	-	Сборная ребристая плита пере- крытия
9	1б	15	6	4,0	2	5	Сочи	2	СП* п.1	Монолитное ребристое перекрытие
10	1а	30	6	3,5	3	6	Тикси	3	СП* п.2	

СП\* п.1- назначение помещений назначается по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»  
таблица 8.3

Локальный электронный методический материал

Ирина Васильевна Хомякова

## **ТЕОРИЯ РАСЧЁТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*Редактор И. В. Голубева*

Уч.-изд. л. 1,6. Печ. л. 1,6

Издательство федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет».  
236022, Калининград, Советский проспект, 1