

# СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

ЗАДАНИЯ  
ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ И КУРСОВЫХ  
РАБОТ

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

*Кафедра «АЭРО-ГИДРОДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН И  
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»*

# СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

ЗАДАНИЯ  
ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2014

Составители: **А.Н. Дербасов, С.А. Сергеева**

УДК 539.3/6

Сопротивление материалов: Задания для расчетно-графических работ/ НГТУ им. Р.Е. Алексеева;; сост.: А.Н. Дербасов, С.А. Сергеева.- Нижний Новгород, 2014.-14 с.

Излагается содержание заданий для расчетно-графических работ, выдаваемых студентам по курсам "Сопротивление материалов", "Механика материалов и конструкций", "Механика материалов", "Техническая механика", "Прикладная физика" и "Практикум по сопротивлению материалов", а также "Конечно-элементные представления в сопротивлении материалов". При ее составлении использовалась работа [10].

Задания предназначены для студентов НГТУ им. Р.Е. Алексеева очной формы обучения.

Редактор Волков В.М.

Подп. к печ. 00.00.2014. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать офсетная. Бумага газетная  
Усл. Печ. л. 1,0. Уч-изд. л. 0,8. Тираж 1000 экз. Заказ .

---

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.  
Типография НГТУ, 603950, Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный  
технический университет  
им. Р.Е. Алексеева, 2014

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИМ РАБОТАМ

1. Число расчетно-графических и курсовых работ и сроки их выполнения определяются календарным графиком учебного процесса, составленного на основании рабочего учебного плана и рабочей программы дисциплины.
2. Номера задач, входящих в каждую работу, сообщаются преподавателем, ведущим практические занятия при выдаче задания с расчетными схемами.
3. Если нагрузки на схемы не заданы, то при решении задачи следует принять:
  - сосредоточенную силу  $P = \beta qa$ ,
  - сосредоточенный момент  $m = \gamma qa^2$ ,
  - скручивающий сосредоточенный момент  $m_1 = \gamma qa^2$ ,
  - интенсивность распределенного скручивающего момента ??  
 $m_z = \gamma qa$ .
4. Допускаемые напряжения принимаются:
  - для пластичных материалов  $[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T}$ ,  $[\tau] = 0.5[\sigma]$ ;
  - для хрупких материалов  $[\sigma] = \frac{\sigma_e}{n_e}$ ,  $[\tau] = 0.75[\sigma]$ .
5. Числовые значения всех величин, необходимых для решения задач, находятся по номеру варианта в табл. 1-3.

## II. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТ

1. Расчетно-графические работы выполняются на отдельных листах стандартного размера (формат А4), каждая работа имеет свой титульный лист (см. приложение 2). В конце семестра все расчетно-графические работы подшиваются в общую папку-файл, имеющей обложку.
2. Титульный лист и наружная сторона обложки оформляются согласно образцам, приведенным в прил. 1,2 с применением стандартного шрифта.
3. При оформлении каждой работы следует представить:
  - а) полное условие задачи и исходные данные;
  - б) схему, для которой приводилось решение;
  - в) решение с краткими пояснениями и выделением основных этапов расчета.

При выполнении этого пункта следует все расчетные формулы записать сначала в общем (буквенном) виде, а затем вместо букв проставить их числовые значения и записать конечный результат с указанием его размерности;

г) графическую часть, выполненную в масштабе на стандартных листах формата А4 (желательно миллиметровой бумаги) простым карандашом; на одном листе разрешается выполнять графическую часть для одной или нескольких заданных схем.

Работы, не оформленные в соответствии с указанными требованиями, возвращаются преподавателем без проверки.

4. После проверки работы преподаватель в таблице, начерченной на титульном листе, проставляет оценку за каждую выполненную схему (с учетом даты представления работы) и ставит под ней подпись, если решение выполнено правильно. При отсутствии такой подписи решение должно быть исправлено, а работа повторно представлена на проверку.

5. Исправление ошибок, допущенных в тексте и рисунках при решении задачи, производится на новых листах. Запрещается вносить исправления в первоначальный текст решения и рисунки задачи, если они проверены преподавателем и в них имеются указания на наличии ошибок.

6. В конце семестра все работы подшиваются в общую папку-файл и представляются на экзамен вместе с бланком заданных расчетных схем. На обложке в таблице проставляются средние баллы за каждую выполненную работу. Качество выполненных работ и их средний балл учитываются преподавателем при выставлении экзаменационной оценки.

### **III. ЗАДАЧИ ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

#### **1. Геометрические характеристики плоских сечений**

**З а д а ч а 1.1.** Для заданных схем поперечных сечений брусьев показать положение главных центральных осей и вычислить моменты инерции относительно этих осей.

#### **2. Эпюры внутренних усилий**

**З а д а ч а 2.1.** Для заданных схем построить эпюры внутренних усилий, выразив ординаты эпюр в характерных сечениях через  $q$  и  $a$ . Показать положение опасных сечений.

**З а д а ч а 2.2.** По эпюре изгибающих моментов, приведенных по схеме 2б, построить эпюру поперечных сил и показать нагрузку, действующую на балку.

### 3. Определение напряжений и расчеты на прочность

З а д а ч а 3.1. Перечертив схему конструкции и эпюры внутренних усилий, построенные при выполнении задачи 2.1, составить условие прочности элементарной частицы в опасной точке опасного сечения бруса. Из условия прочности этой частицы подобрать:

а) размеры постоянного поперечного сечения бруса (схема 5) в форме квадрата. Материал – дерево;

б) размеры постоянного поперечного сечения бруса (схема 7) в форме круга, кольца ( $d / D = 0,7$ ), квадрата и тонкостенного коробчатого профиля ( $b=h=10\delta$ ). Материал – алюминиевый сплав Д-16. Определить, какая форма поперечного сечения более экономична с точки зрения расхода материала.

в) размеры постоянного поперечного сечения балки (схема 8) в форме круга, прямоугольника ( $h / b = 2$ ) и двутавра. Материал – сталь Ст3. Обосновать, какая из указанных форм поперечных сечений будет наиболее экономичной с точки зрения расхода материала;

г) допустимую нагрузку на балку (схема 9), приняв ее поперечное сечение по схеме 1. Материал – сталь Ст3;

д) двутавровое поперечное сечение для плоской рамы (схема 10), расположив его наиболее рационально по отношению к действующим нагрузкам. Материал – сталь Ст3;

е) допустимую нагрузку для бруса (схема 13). Материал – чугун СЧ-30,  $a = 10d$ .

ж) допустимую нагрузку для бруса (схема 16). Поперечное сечение бруса – круг диаметром  $d = a / 20$ . Материал – сталь 35ХГСА;

з) подобрать на наиболее удаленном от опоры участке бруса (схемы 14, 15) квадратное поперечное сечение, а на остальных участках – круглое. Материал – сталь Ст3.

*Для всех схем:*

- нарисовать под расчетной схемой эпюры внутренних усилий и показать на них положение опасного сечения;

- в опасном сечении бруса (для каждой формы подобранного сечения) построить эпюры напряжений, указав их величину в характерных точках;

- в опасной точке опасного сечения изобразить напряженное состояние выделенного элемента и указать величины напряжений, действующих на площадках этого элемента.

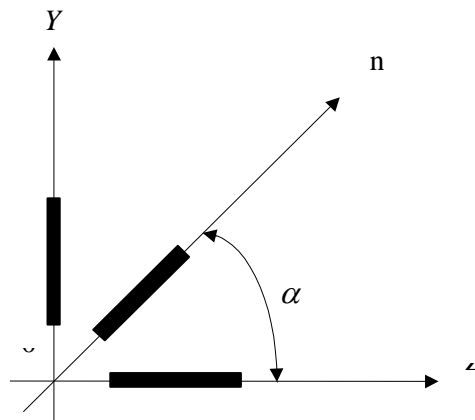
З а д а ч а 3.2. В опасной точке конструкции, испытывающей плоское напряженное состояние, установлены три тензорезистора под углом  $\pi/4$  друг к другу (рис. 1). По отсчетам, снятым с помощью тензостанции с ценой деления  $n=10^{-5}$  (табл. 1):

а) найти величину нормальных и касательных напряжений, действующих по двум площадкам, перпендикулярным осям  $Z, Y$  (исходные площадки);

б) определить положение главных площадок и величину главных напряжений;

в) нарисовать элементы, выделенные исходными и главными площадками, и показать напряжения, действующие на этих площадках;

г) проверить элемент в рассматриваемой точке на прочность. Материал конструкции – алюминиевый сплав Д-16.



Т а б л и ц а 1

Исходные данные к задаче 3.2

Значения угла $\alpha$ , в направлении которого наклеен тензорезистор, для варианта			Разность отсчетов, снятых по показаниям тензостанции, для варианта									
0	I	II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
0	$\pi/4$	$\pi/2$	-100	100	-80	-80	80	-100	-	100	60	20
$\pi/2$	0	$\pi/4$	60	30	80	50	-80	60	-50	50	0	120
$\pi/4$	$\pi/2$	0	-100	40	60	-70	80	-100	-60	30	-	0
											120	

Примечание к табл. 1: римская и арабская цифры варианта соответственно равны числу десятков и единиц в номере варианта задания, выполняемого студентом. (Например, для варианта 18 следует принять ( $\Delta_n = 100$ ,  $\Delta_z = 50$ ,  $\Delta_y = 30$ )).

#### 4. Определение перемещений и расчеты на жесткость

Задача 4.1. Произвести следующие расчеты брусьев на жесткость:

а) для деревянного бруса (схемы 5,31) квадратного поперечного сечения в общем виде определить перемещения сечений  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и построить эпюру перемещений. Подобрать размеры поперечного сечения бруса из условия жесткости:  $\Delta_A \leq a / 200$ . (При расчете принять модули упругости материала бруса при растяжении и сжатии). Проверить, отвечает ли подобранное сечение условию прочности;

б) для бруса круглого поперечного сечения (схемы 7, 33), выполненного из алюминиевого сплава Д-16, подсчитать в общем виде углы поворота в характерных сечениях, построить эпюру углов закручивания относительно сечения  $C$  и подобрать диаметр бруса из условия жесткости ( $[\theta] = 0,005$  рад/м). Проверить подобранное сечение бруса на прочность;

в) для двухопорной балки постоянной жесткости  $EI_x$  (схема 35) в общем виде определить методом Мора:

- перемещение сечения  $C$ , вычисляя интеграл Мора аналитически;

- перемещение сечения  $D$  и угол поворота сечения на правой опоре, вычисляя интеграл Мора по правилу Верещагина.

Используя вид эпюры  $M_x$  и вычисленные значения прогибов и угла поворота, показать изогнутую ось балки;

г) для плоской рамы постоянной жесткости  $EI_x$  (схема 36) в общем виде определить вертикальное перемещение сечения  $D$ ;

д) для кривого бруса с постоянной жесткостью поперечного сечения  $EI_x$  (схема 37) в общем виде определить угол поворота сечения  $K$ ;

е) для заданных схем пространственного и плоско-пространственного брусьев круглого поперечного сечения диаметром  $d$  (схемы 14, 15) в общем виде определить вертикальное перемещение точки  $A$  (при расчете принять  $G=0.4E$ ,  $a=10d$ );

ж) для стержневой системы (схема б) определить вертикальное перемещение сечения  $C$ . При решении задачи жесткости поперечных сечений стержней принять равными  $EA$  (жесткость бруса  $AB$ , если он показан на схеме, задается преподавателем).



**Задача 4.2.** Как изменится перемещение сечения  $C$  в стержневой системе (схема б), если:

а) если один из стержней будет сделан короче проектного размера на величину  $\Delta$ .

б) температура повысится на  $t^\circ C$ .

**Задача 4.3.** Как изменится вертикальное перемещение сечения  $D$  рамы (схема 3б), если:

а) опора, не имеющая вертикального перемещения???, просядет на величину  $\Delta$ ;

б) температура повысится на  $t^\circ C$ .

в) по высоте сечения возникнет перепад температуры на  $\Delta t^\circ C$  (знаки температур крайних волокон задаются преподавателем).

**Задача 4.4.** Для заданной балки постоянной жесткости  $EI_x$  методом конечных разностей определить величины прогибов с шагом  $\Delta = a; 0,5a; 0,25a$ . Построить эпюру изгибающего момента и для каждого  $\Delta$  – эпюру прогибов. Для одной из осей балки, совпадающей с узлом сетки  $\Delta = a$ , определить величину прогиба аналитически. Построить график относительной погрешности определения величины прогиба в данной точке методом конечных разностей в зависимости от шага сетки  $\Delta$ .

## 5. Статически неопределимые системы

**Задача 5.1<sup>1</sup>.** Раскрыть статическую неопределимость и построить эпюры внутренних усилий для заданных схем в буквенном виде. Для всех схем сделать деформационную проверку выполненного решения. При решении задач принять равными жесткости поперечных сечений всех элементов, работающих на изгиб ( $EI_x$ ) и растяжение-сжатие ( $EA$ ).

**Задача 5.2.** Какие дополнительные усилия возникнут в элементах конструкции (схема 40), если:

А) один из стержней будет сделан длиннее проектного размера на величину  $\Delta$ ;

б) температура повысится на  $t^\circ C$ .

**Задача 5.3.** Какие дополнительные усилия появятся в раме (схема 47), если:

а) одна из опор просядет на величину  $\Delta$ ;

б) температура повысится на  $t^\circ C$ ;

в) по высоте сечения возникнет перепад температура на  $\Delta t^\circ C$  (знаки температур крайних волокон задаются преподавателем).

---

<sup>1</sup> Если в схеме 40 есть брус  $AB$ , то при расчете принять его абсолютно жестким.

**Задача 5.4.** Для заданной стержней статически неопределимой системы (схема 40), выполненной из стали Ст3:

а) определить допустимые значения внешней нагрузки из расчета на прочность по допускаемым напряжениям и по предельному состоянию и сравнить полученные результаты;

б) определить остаточные напряжения в элементах системы после удаления предельной нагрузки;

в) построить график, характеризующий зависимость напряжений в элементах системы от нагрузки.

## **6. Устойчивость сжатых стержней и расчеты на прочность при динамических нагрузках**

**Задача 6.1.** Для сжатого стержня, выполненного из стали Ст3 определить:

а) для схемы 50 размеры поперечного сечения заданной формы из условия устойчивости;

б) для схемы 51 величину критической, допускаемой сил и коэффициент запаса на устойчивость.

**Задача 6.2.** Для вращающегося с постоянной угловой скоростью конструкции, выполненной из прутка диаметром  $d = 5$  см (схема 52), построить эпюры внутренних усилий. Определить из условия прочности допустимую для конструкции угловую скорость  $\omega$  (влиянием поперечных и продольных сил пренебречь). Материал – алюминиевый сплав Д-16, плотность которого  $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 6.3.** Подобрать двутавровое сечение бруса (схема 53) из условия статической прочности ( $n_T = 2,5$ ); определить, во сколько раз возрастут напряжения, если груз весом  $P=qa$ , будет падать с высоты  $h = 5$  см (при расчете массу упругой конструкции не учитывать). Материал – сталь Ст3.

## Исходные данные к задачам

Наименование величин	Обозначения	Единицы измерения	Значения величин для варианта группы									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициенты, определяющие величину нагрузки	$\beta$	-	1	2	2	1	3	3	1	2	3	4
	$\gamma$	-	1	1	2	2	1	2	3	3	3	2
Интенсивность распределенной нагрузки	$q$	МН/м	0,02	0,019	0,018	0,017	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,01
Линейный размер силового участка	$a$	м	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
Номер двутавра (ГОСТ 8239-89) и швеллера серии У (ГОСТ 8240-97)	-	-	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Номер равнополочного уголка (ГОСТ 8509-86)	-	-	$\frac{80}{6}$	$\frac{90}{6}$	$\frac{100}{7}$	$\frac{100}{12}$	$\frac{100}{16}$	$\frac{110}{7}$	$\frac{125}{8}$	$\frac{125}{10}$	$\frac{140}{10}$	$\frac{160}{20}$
Номер неравнополочного уголка (ГОСТ 8510-86)	-	-	125×80×10		140×90×10		160×100×12		180×110×12		200×125×14	
Размеры поперечных сечений брусев	$b$	см	16	18	20	20	22	22	24	24	27	30
	$\delta$	см	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,0	2,0
Осадка опоры, зазор	$\Delta$	мм	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
Температура равномерного нагрева, перепад температур	$t, \Delta t$	°С	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20

## Основные характеристики материалов

Наименование величин	Обозначения	Единицы измерения	Сталь Ст3	Сталь 35ХГСА	Чугун СЧ-30	Дюраль Д-16	Дерево ВДОЛЬ ВОЛОКОН
Временное сопротивление на растяжение	$(\sigma_{в})_p$	МПа	420	1650	300	490	80
Временное сопротивление на сжатие	$(\sigma_{в})_c$	МПа	-	-	1150	-	40
Предел текучести при растяжении	$(\sigma_{т})_p$	МПа	240	1400	-	330	-
Предел текучести при сжатии	$(\sigma_{т})_c$	МПа	240	1400	-	330	-
Модуль упругости	$E$	МПа	$2,1 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$	$0,75 \cdot 10^5$	$0,1 \cdot 10^5$
Модуль сдвига	$G$	МПа	$8 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$2,82 \cdot 10^4$	550
Коэффициент Пуассона	$\nu$	-	0,30	0,30	0,25	0,31	0,49
Коэффициент линейного расширения	$\alpha$	-	$12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6}$	$22 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-7}$
Коэффициент запаса при статических нагрузках по пределу текучести	$n_T$	-	1,5	1,5	-	1,5	-
Коэффициент запаса при статических нагрузках по временному сопротивлению	$n_B$	-	-	-	3	-	8

## Варианты заданий

## ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ (ИТС)

Вариант	Группа	Дисциплина	Шифр направления	Направление подготовки
1	ТТП-1	Сопротивление материалов	23.03.01	Технология транспортных процессов
2	ТТП-2			
3	ЭТК-1	Сопротивление материалов	23.03.03	Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
4	ЭТК-2			
5	ЭТК-3			
10	ТК-1	Сопротивление материалов	23.03.02	Наземные транспортно-технологические машины и комплексы
6	ТК-2			
7	ЭУД-1	Механика материалов и конструкций	13.03.03	Энергетическое машиностроение
8	ЭУД-2			
9	С-А-1	Сопротивление материалов	23.05.01	<i>Наземные транспортно-технологические средства (специальность)</i>
10	КСУ-1	Сопротивление материалов	26.03.02	Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры
1	КСУ-2			
2	КСУ-3			
3	КСУ-4			
4	КСУ-П			
1	КС			
2	КСП			
3	СУ			
4	СУП			
5	ДП	Сопротивление материалов	15.03.03	Прикладная механика
6	СЛА-1	Сопротивление материалов	24.05.07	<i>Самолето-и вертолетостроение (специальность)</i>
7	СЛА-2			
8	СЛА-3			
9	НГД	Сопротивление материалов	21.03.01	Нефтегазовое дело

Продолжение таблицы 4

### ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ (ИЯЭиТФ)

Вариант	Группа	Дисциплина	Шифр направления	Направление подготовки
1	МТ	Прикладная физика	12.03.04	Биотехнические системы и технологии
2	ТС	Прикладная физика	13.03.01	Теплоэнергетика и теплотехника
3	АЭ	Прикладная физика	14.03.01	Ядерная энергетика и теплофизика
4	ЯР	Сопротивление материалов	14.03.02	Ядерная физика и технологии
5	СЯР	Сопротивление материалов	<b>14.05.01</b>	<b><i>Ядерные реакторы и материалы (специальность)</i></b>
6	САЭ	Прикладная физика	<b>14.05.02</b>	<b><i>Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (специальность)</i></b>

### ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ (ИПТМ)

Вариант	Группа	Дисциплина	Шифр направления	Направление подготовки
7	ТМ-1	Сопротивление материалов	15.03.01	Машиностроение
8	ТМ-2			
9	АВ		<b>17.05.02</b>	<b><i>Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие (специальность)</i></b>

Продолжение т а б л и ц ы 4

**ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ (ИФХТ и М)**

Вариант	Группа	Дисциплина	Шифр направления	Направление подготовки
1	ММ	Механика материалов	22.03.01	Материаловедение и технологии материалов
2	МЕТ-1	Сопротивление материалов	22.03.02	Металлургия
3	МЕТ-2			

#### IV. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ "КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В СОПРОТИВ- ЛЕНИИ МАТЕРИАЛОВ"

При выполнении задач использовать исходные данные для расчетно-графических заданий и курсовой работы, которые выданы на практических занятиях по сопротивлению материалов.

**Задача 1.** Построить эпюры внутренних усилий и деформированный вид стального бруса по схеме 35 с размерами поперечного сечения 10x3 см, используя балочный элемент BEAM2D. Основные результаты расчета свести в таблицу 5. Дать сравнение с методом Мора.

**Задача 2.** Определить напряженно-деформированное состояние стального бруса по схеме 35 с размерами поперечного сечения 10x3 см, используя плоский конечный элемент PLANE2D. Основные результаты расчета свести в таблицу 5. Дать сравнение с расчетом по методу Мора.

**Задача 3.** Определить напряженно-деформированное состояние бруса по схеме 35, с размерами поперечного сечения 10x3 см, используя объёмный конечный элемент SOLID. Основные результаты расчета свести в таблицу 5. Дать сравнение с расчетом по методу Мора.

Т а б л и ц а 5

**Сравнение результатов расчета**

	Метод Мора	Метод конечных элементов		
		BEAM2D	PLANE2D	SOLID
$R_A$				
$R_B$				
$\Delta_C$				
$\Delta_D$				
$\theta_A$				
$M_z^{\max}$			—	—
$\sigma_x^{\max}$				

**Задача 4.** В общем виде построить эпюру изгибающих моментов и деформированный вид рамы по схеме 47, используя балочный конечный элемент BEAM2D. Дать сравнение с расчетом методом сил.

Примечание: Так как расчет выполняется в общем виде, то принимаем  $a = 1$ ,  $q = 1$ ,  $E = 1$ ,  $J = 1$ . Чтобы исключить влияние растяжения-сжатия стержней рамы (перемещения от которых при расчете методом сил не учитываются в силу их малости), принимаем площадь поперечного сече-



ния большим, например, равным 1000. В результате силы будут иметь размерность  $qa$ , моменты -  $qa^2$ , перемещения -  $\frac{qa^4}{EJ}$ , углы поворота поперечных сечений -  $\frac{qa^3}{EJ}$ .

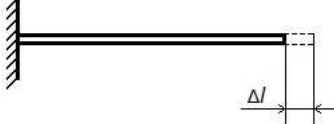
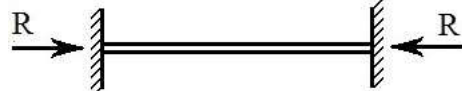
**Задача 5.** Провести численный эксперимент по определению положения центра изгиба в вертикальном направлении для стального, тонкостенного, консольно-закрепленного бруса длиной 100 см, поперечное сечение которого выполнено по схеме 2. При проведении опыта применить пластинчатый конечный элемент SHELL.

Примечание: Для определения положения центра изгиба в вертикальном направлении предлагается процедура, как и при проведении натурального эксперимента: прикладывается сосредоточенная сила в разных точках сечения и по показаниям индикаторов графически определяется положение центра изгиба [2], которое затем уточняется перемещением точки (узла) приложения силы. При численном эксперименте показаниями индикаторов являются вертикальные перемещения наблюдаемых узлов. Для устранения местных перемещений в сечении приложения силы при построении конечно-элементной модели необходимо сформировать кницу (ребро жесткости), как это делается в реальных конструкциях.

**Задача 6.** Исследовать деформацию при равномерном нагреве на  $100^\circ\text{C}$  тонкостенного стального бруса, длиной 100 см, поперечное сечение которого выполнено по схеме 2, при двух видах закреплений. Дать сравнение с аналитическим решением. Результаты исследования оформить в виде таблицы 6.

Т а б л и ц а 6

### Результаты тестирования при равномерном нагреве тонкостенного бруса

Равномерный нагрев бруса на $100^\circ\text{C}$ .	Аналитическое решение	Конечно-элементное решение
Тест 1 	$\Delta l = \alpha \cdot t^\circ \cdot l =$	$\Delta l =$
Тест 2 	$\sigma_z = -\alpha \cdot t^\circ \cdot E =$	$\sigma_z =$

**Задача 7.** Исследовать деформацию тонкостенного бруса, поперечное сечение которого выполнено по схеме 2, при нагреве одной из полос бруса

(по указанию преподавателя) на  $100^{\circ}\text{C}$ . Дать физическое объяснение деформированного вида бруса.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Александров А.В.** Сопротивление материалов: Учеб. для вузов / Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. – М.: Высш. шк., 1995. – 560 с.
2. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов: учеб. пособие / Афанасьев А.М. [и др.] : – 2-е изд., перераб. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", 1975.–288 с.
3. **Дарков А.В.** Сопротивление материалов: Учеб. для техн. вузов / Дарков А.В., Шпиро Г.С. – М.: Высш. шк., 1989. – 624 с.
4. Глявин Ю.В., Мокеев И.И., Пономарев М.Г. Расчеты на прочность, жесткость и устойчивость. - Горький: ГПИ, 1968. 239 с.
5. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. - Горький: ГПИ, 1965.
6. Решение задач сопротивления материалов на ПЭВМ/ Сост.: Ю.В. Глявин и др.- Н. Новгород, НГТУ, 1996, - 77с.
7. Расчеты на жесткость, устойчивость и динамические нагрузки/ Сост.: В.А. Ермаков, - Н. Новгород, НГТУ, 1995, - 59с.
8. Механические испытания материалов. Лабораторный практикум/ Сост.: А.Н. Гущин, А.Г. Кипарисов, А.А. Миронов, Н.Н. Михеев, - Н. Новгород, НГТУ, 1992, – 66с.
9. Предметные олимпиады. Организация и задачи/ Сост.: Ю.В. Глявин, В.А. Ермаков, Н.А. Ильичев, и др., - Горький, ГПИ, 1986, – 103с.
10. Сопротивление материалов. Задачи для расчетно-графических работ/ Сост.: Ю.В. Глявин, С.А. Сергеева, - Н. Новгород, 2000, - 14с.

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ОБЛОЖКИ К РАБОТАМ**

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

*Кафедра «АЭРО-ГИДРОДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН И  
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»*

Расчетно-графические работы по курсу  
«Сопроотивление материалов»

Задание № 21

Выполнил: студент гр.13-КСУ-1  
Вершинин А.В.

Принял: к.т.н., доцент  
Петров В.А.

Работа №	1	2	3
Средний балл			

Нижний Новгород - 2014

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА**

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА**

**Кафедра «АЭРО-ГИДРОДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН И  
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

**Работа № 3**

**Определение напряжений и расчеты на прочность**

**Задание № 21**

Выполнил: студент гр.13-КСУ-1  
Вершинин А.В.

Принял: к.т.н., доцент  
Петров В.А.

Номер задачи (схемы)	3.1 (5)	3.1 (7)	3.1 (8)	3.1 (9)	3.1 (13)	3.1 (16)	3.2	Средний балл
Оценка								
Подпись								

Нижний Новгород - 2016