



**Министерство образования и науки
Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический
университет имени И.И.Ползунова»**

И.В.КУРСОВ

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
”ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРОВАННОГО
ТЕЛА”**

**Методические указания для студентов-заочников,
обучающихся по направлению подготовки «Наземные транс-
портно-технологические средства»**

Рубцовск 2014

УДК 539.3

Курсов И.В. Контрольная работа по дисциплине «Основы механики деформированного тела»: Методические указания для студентов-заочников, обучающихся по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические средства». / Рубцовский индустриальный институт. - Рубцовск, 2014. – 7 с.

Предназначены в качестве руководства при изучении студентами-заочниками дисциплин «Основы механики деформированного тела», «Спецглавы механики». Методические указания могут применяться по дисциплине «Спецглавы механики» для студентов-заочников, обучающихся по направлению подготовки «Наземные транспортно-технологические комплексы». Содержат перечень вариантов контрольной работы, пример выполненной работы, а также список рекомендуемой литературы.

Рассмотрены и одобрены
на заседании каф. НТС РИИ
Протокол № 5 от 26.12.14.

Рецензент: доцент, к.т.н. П.А.Люкшин

© Рубцовский индустриальный институт, 2014

Введение

Дисциплина «Основы механики деформированного тела» знакомит студентов, обучающихся по специальности «Наземные транспортно-технологические средства», с методами расчёта несущей способности элементов, узлов и агрегатов наземных транспортно-технологических средств с использованием аналитических и численных методов.

В результате изучения курса «Основы механики деформированного тела» студент должен

знать:

- основные методы механических испытаний материалов;
- механические свойства конструкционных материалов;
- классификацию, типовые конструкции, критерии работоспособности и надежности деталей и узлов машин;
- принципиальные методы расчета по этим критериям, в том числе метод конечных элементов, методы проектирования узлов и агрегатов наземных транспортно-технологических средств;
- понятия надежности, долговечности, ремонтпригодности, ресурса, срока службы, наработки на отказ, постепенных и внезапных отказов, нагрузочных режимов, критериев предельного состояния;
- методики расчета и экспериментального определения основных показателей надежности, определения и оценки нагрузочных режимов, анализа и расчета структурных схем, основы теории статистических измерений;
- методы создания конструктивных форм, расчета и проектирования несущих конструкций.

уметь:

- рассчитывать элементы конструкций и механизмы наземных транспортно-технологических средств на прочность, жесткость, устойчивость и долговечность, в том числе с использованием метода конечных элементов;
- выполнять проектные работы по компоновке наземных транспортно-технологических средств, выбору конструкции и расчёту несущей способности узлов, агрегатов и их элементов.

владеть:

- методами расчёта несущей способности элементов, узлов и агрегатов наземных транспортно-технологических средств с использованием графических, аналитических и численных методов.

Студенты-заочники в ходе изучения дисциплины «Основы механики деформированного тела» выполняют контрольную работу по вариантам, представленным в настоящих методических указаниях.

1. Задание к контрольной работе

Определить главные напряжения и направление главных напряжений, если напряженное состояние в точке нагруженного тела задано тензором напряжений.

Номер варианта	σ_{xx} , МПа	σ_{yy} , МПа	σ_{zz} , МПа	τ_{xy} , МПа	τ_{xz} , МПа	τ_{yz} , МПа
1	90	55	-20	-5	10	15
2	20	105	-5	20	5	15
3	0	-50	-35	5	-10	10
4	110	-50	-40	25	15	10
5	50	50	0	-10	-15	-20
6	-40	80	50	20	20	0
7	50	-15	15	15	10	5
8	-50	-50	40	20	20	0
9	40	40	10	10	15	20
10	-75	0	25	10	0	0

2. Пример выполнения контрольной работы

Определить главные напряжения и направление главных напряжений, если напряженное состояние в точке нагруженного тела задано тензором напряжений: $\sigma_{xx} = 90$ МПа, $\sigma_{yy} = -40$ МПа, $\sigma_{zz} = -55$ МПа, $\tau_{xy} = 15$ МПа, $\tau_{xz} = 5$ МПа, $\tau_{yz} = 10$ МПа.

Определим инварианты заданного напряженного состояния:

$$I_1 = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz} = 90 - 40 - 55 = -5$$

$$I_2 = \sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{xx}\sigma_{zz} - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{zx}^2 =$$

$$= 90(-40) + (-40)(-55) + 90(-55) - 15^2 - 10^2 - 5^2 = -6700.$$

$$I_3 = \sigma_{xx}\sigma_{yy}\sigma_{zz} - \sigma_{zz}\tau_{xy}^2 - \sigma_{xx}\tau_{yz}^2 - \sigma_{yy}\tau_{zx}^2 + 2\tau_{xy}\tau_{yz}\tau_{zx} =$$

$$= 90(-40)(-55) - (-55)15^2 - 90 \cdot 10^2 - (-40)5^2 + 2 \cdot 15 \cdot 10 \cdot 5 = 213625.$$

Определим коэффициенты уравнения

$$x^3 + px + q = 0,$$

где $\sigma = x + \frac{1}{3}I_1$ - главное напряжение в точке;

$$p = I_2 - \frac{1}{3}I_1^2 = -6700 - \frac{1}{3}(-5)^2 = -6708;$$

$$q = -\frac{2}{27}I_1^3 + \frac{1}{3}I_1I_2 - I_3 = -\frac{2}{27}(-5)^3 + \frac{1}{3}(-5)(-6700) - 213625 = -202450.$$

Дискриминант приведенного уравнения

$$\delta = \left(\frac{p}{3}\right)^3 + \left(\frac{q}{2}\right)^2 = \left(-\frac{6708}{3}\right)^3 + \left(-\frac{202450}{2}\right)^2 = -935 \cdot 10^6 < 0.$$

Так как дискриминант отрицателен, значит, все корни приведенного уравнения вещественные.

Для решения уравнения применим формулу Кардано

$$x_1 = 2\sqrt{\frac{p}{3}} \cos\left(\frac{\varphi}{3}\right); x_2 = 2\sqrt{\frac{p}{3}} \cos\left(\frac{\varphi}{3} + \frac{2\pi}{3}\right); x_3 = 2\sqrt{\frac{p}{3}} \cos\left(\frac{\varphi}{3} + \frac{4\pi}{3}\right),$$

$$\cos(\varphi) = -\frac{q}{2\sqrt{\frac{p^3}{27}}} = -\frac{(-202450)}{2\sqrt{\frac{(-6708)^3}{27}}} = 0,95737.$$

$$\varphi = 16,79^{\circ}.$$

$$x_1 = 2\sqrt{\frac{(-6708)}{3}} \cos\left(\frac{16,79^{\circ}}{3}\right) = 94,119;$$

$$x_2 = 2\sqrt{\frac{(-6708)}{3}} \cos\left(\frac{16,79^{\circ}}{3} + \frac{2\pi}{3}\right) = -55,048;$$

$$x_3 = 2\sqrt{\frac{(-6708)}{3}} \cos\left(\frac{16,79^{\circ}}{3} + \frac{4\pi}{3}\right) = -39,073.$$

Окончательно получим

$$\sigma_1 = 94,119 + \frac{1}{3}(-5) = 92,452 \text{ (МПа)};$$

$$\sigma_2 = -55,048 + \frac{1}{3}(-5) = -56,715 \text{ (МПа)};$$

$$\sigma_3 = -39,073 + \frac{1}{3}(-5) = -40,74 \text{ (МПа)}.$$

Выполним проверку правильности вычисления главных напряжений. Значения инвариант постоянны для любой выбранной системы координат. Найдем значения инвариант в главной системе координат:

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 92,452 - 56,715 - 40,74 = -5,003;$$

$$I_2 = \sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3 =$$

$$= 92,452(-56,715) + 92,452(-40,74) + (-56,715)(-40,74) = -6699,3;$$

$$I_3 = \sigma_1\sigma_2\sigma_3 = 92,452(-56,715)(-40,74) = 213617.$$

Результаты вычислений, в рамках допустимых отклонений, совпадают со значениями инвариант, полученными в начале.

Для определения направляющих косинусов главных площадок необходимо в два из трех уравнений системы (1) подставить значения главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$,

$$(\sigma_{xx} - \sigma)l + \tau_{yx}m + \tau_{zx}n = 0;$$

$$\tau_{yx}l + (\sigma_{yy} - \sigma)m + \tau_{zy}n = 0;$$

$$\tau_{xz}l + \tau_{yz}m + (\sigma_{zz} - \sigma)n = 0,$$

(1)

а в качестве третьего использовать равенство

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1.$$

Система уравнений для определения l_1, m_1, n_1 имеет следующий вид:

$$15l_1 + (-40 - 92,45)m_1 + 10n_1 = 0;$$

$$5l_1 + 10m_1 + (-55 - 92,45)n_1 = 0;$$

$$l_1^2 + m_1^2 + n_1^2 = 1.$$

Исключая из первого и второго уравнений в начале n_1 , а затем m_1 получим

$$m_1 = 0,1164l_1;$$

$$n_1 = 0,0418l_1.$$

Подставляя значения n_1 и m_1 в третье уравнение, получим

$$l_1^2 + (0,1164l_1)^2 + (0,0418l_1)^2 = 1.$$

Откуда $l_1 = 0,9924$, $m_1 = 0,1155$, $n_1 = 0,0415$.

Выполним проверку

$$0,9924^2 + 0,1155^2 + 0,0415^2 \approx 1.$$

Система уравнений для определения l_2, m_2, n_2 имеет следующий вид:

$$(90 + 56,715)l_2 + 15m_2 + 5n_2 = 0;$$

$$15l_2 + (-40 + 56,715)m_2 + 10n_2 = 0;$$

$$l_2^2 + m_2^2 + n_2^2 = 1.$$

Решение этой системы: $l_2 = 0,0253$, $m_2 = -0,53$, $n_2 = 0,8477$

Условия проверки выполняются

$$0,0253^2 + (-0,53)^2 + 0,8477^2 \approx 1.$$

Система уравнений для определения l_3, m_3, n_3 имеет следующий вид:

$$(90 + 40,74)l_3 + 15m_3 + 5n_3 = 0;$$

$$15l_3 + (-40 + 40,74)m_3 + 10n_3 = 0;$$

$$l_3^2 + m_3^2 + n_3^2 = 1.$$

Решение этой системы: $l_3 = 0,1173$, $m_3 = -0,9877$, $n_3 = -0,1033$.

Условия проверки выполняются

$$0,1173^2 + (-0,9877)^2 + (-0,1033)^2 \approx 1.$$

3. Рекомендуемая литература

3.1. Основная литература

1. Михайлов, А.М. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: Учебник[текст]/ А.М. Михайлов. - Электрон. дан.. - М.: Академия, 2009. - 448 с.

2. Александров, А.В. Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности: Учебник/ А.В. Александров, В.Д. Потапов. 2002.- 400 с.

3.2. Дополнительная литература

3. Саргсян, А.Е. Сопротивление материалов, теории упругости и пластичности: Основы теории с примерами расчетов [Электронный ресурс]: Учебник/ А.Е. Саргсян. - Электрон. дан.. - М.: Высш. шк., 2000. - 286 с.

4. Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности: Учебник/ А.В. Александров, В.Д. Потапов. - М.: Высш. шк., 1990. - 400 с.

5. Безухов, Н.И. Примеры и задачи по теории упругости, пластичности и ползучести: Учеб. пособие для студентов втузов/ Н.И. Безухов. - М.: Высш. шк., 1965. - 320 с.

6. Тимошенко, С.П. Теория упругости: Пер. с англ./ С.П. Тимошенко, Дж. Гудьер; Пер. М.И. Рейтман, Ред. Г.С. Шапиро. - М.: Наука, 1975. - 576 с.

7. Тимошенко, С.П. История науки о сопротивлении материалов. С краткими сведениями из истории теории упругости и теории сооружений [Электронный ресурс]: [текст]/ С.П. Тимошенко. - Электрон. дан.. - М.: Ком-Книга, 2006. - 536 с.

Курсов Иван Витальевич

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРОВАННОГО ТЕЛА»

Методические указания для студентов-заочников, обучающихся по
направлениям подготовки «Наземные транспортно-технологические
комплексы»

Редактор Е.Ф.Изотова

Подписано к печати 26.12.14. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 0,44 . Тираж 25 экз. Заказ 141365. Рег.№ 221.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул.Тракторная, 2/6