

ЗАДАНИЕ ПО РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ № 3.

Тема №9. Исследование напряжённо-деформированного состояния в окрестности точки тела

Задача № 1

При заданных компонентах тензора напряжений в окрестности точки тела по строке № ____ для σ_x , σ_y , τ_{xy} и строке № ____ для σ_z , τ_{yz} , τ_{zx} требуется:

- изобразить на гранях элементарного параллелепипеда, выделенного в окрестности рассматриваемой точки тела, заданные напряжения.
- вычислить инварианты тензора напряжений, величины главных напряжений и проверить правильность вычислений.
- определить величины направляющих косинусов нормалей к трем главным площадкам и проверить условия их ортогональности.
- построить на чертеже единичные векторы нормалей к главным площадкам и показать главные напряжения.
- определить наибольшее по абсолютной величине касательное напряжение.
- определить линейные ε_x , ε_y , ε_z , угловые γ_{xy} , γ_{yz} , γ_{zx} и объемную деформации, приняв модуль упругости стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ (модуль сдвига $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа).
- показать на рисунке примерное деформированное состояние элементарного параллелепипеда отдельно для линейных ε_x , ε_y , ε_z и каждой из угловых деформаций γ_{xy} , γ_{yz} , γ_{zx} .
- определить полную удельную потенциальную энергию деформации и энергию изменения формы в окрестности рассматриваемой точки тела.
- проверить прочность тела в окрестности рассматриваемой точки по энергетической теории прочности, приняв расчетное сопротивление стали $R = 210$ МПа и коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$.

Задача № 2

При заданных компонентах тензора напряжений в окрестности точки тела при $\sigma_z = \tau_{yz} = \tau_{zx} = 0$ и по строке № ____ для σ_x , строке № ____ для σ_y , строке № ____ для τ_{xy} требуется:

- изобразить на гранях элементарного параллелепипеда, выделенного в окрестности рассматриваемой точки, заданные напряжения.
- определить величины главных напряжений, углы наклона нормалей к главным площадкам и проверить правильность вычислений. Показать на рисунке главные площадки и главные напряжения.
- определить величину наибольших касательных напряжений и показать на рисунке площадки, на которых они действуют. Определить нормальные напряжения на этих площадках.

- определить нормальные и касательные напряжения на взаимно перпендикулярных площадках с нормальми v и t , составляющими угол $\alpha = 15^\circ$ с осями Ox и Oy , и показать их на рисунке.
- определить найденные выше значения напряжений и углы наклона нормалей к площадкам, на которых они действуют, графически с помощью круга Мора и сравнить полученные результаты с результатами аналитического расчета.
- определить линейные ε_x , ε_y , ε_z , угловую γ_{xy} и объемную деформации, приняв модуль упругости стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$.
- показать на рисунках примерное деформированное состояние элементарного параллелепипеда отдельно для линейных ε_x , ε_y , ε_z и угловой деформации γ_{xy} .
- определить полную удельную потенциальную энергию деформации и энергию изменения формы в окрестности рассматриваемой точки тела.
- проверить прочность тела в окрестности рассматриваемой точки по энергетической теории прочности, приняв расчетное сопротивление стали $R = 210$ МПа и коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$.

Таблица 9.1

№ п/п	Н а п р я ж е н и я, МПа					
	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_z	τ_{yz}	τ_{zx}
1	80	50	-60	40	-90	10
2	70	-40	-55	30	-80	20
3	-60	30	-50	40	80	30
4	50	30	-45	50	70	40
5	-80	20	-40	-60	-80	50
6	90	-10	-35	50	-70	60
7	80	-20	30	-40	-80	60
8	70	-30	80	-60	50	-40
9	60	-40	85	-80	40	-30
10	90	50	60	-70	50	-40
11	80	60	50	-60	50	-65
12	50	-70	50	-55	60	40
13	90	-50	40	70	80	-40
14	-80	60	90	40	-90	50
15	-70	80	-20	60	-70	50
16	-60	90	25	80	-20	60
17	-50	80	-30	70	-30	50
18	-40	-100	35	80	40	-40
19	-30	-90	40	60	50	90
20	-20	60	-65	-40	-35	80
21	30	80	-50	-30	-30	70
22	40	90	-40	-50	25	-80
23	45	85	-50	-60	20	-70

Таблица 9.1 (Продолжение)

№ п/п	Н а п р я ж е н и я, МПа					
	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_z	τ_{yz}	τ_{zx}
24	50	90	-40	-50	15	-60
25	55	70	-30	-80	10	-50
26	80	60	-70	70	-50	20
27	75	-50	-75	50	-60	30
28	-80	40	-75	60	70	-40
29	-85	-30	65	50	-80	50
30	90	-20	-60	40	70	60

Контрольные вопросы

1. Что такое тензор напряжений?
2. Как определяются знаки касательных напряжений? В чем состоит закон парности касательных напряжений?
3. Напишите выражения для напряжений на наклонной площадке.
4. Что такое инварианты тензора напряжений? Напишите выражения для инвариантов через главные напряжения.
5. Какие площадки называются главными? Напишите кубическое уравнение для определения главных напряжений.
6. Напишите уравнения равновесия Навье для трехосного напряженного состояния.
7. Назовите три вида напряженного состояния в окрестности точки тела. Как установить вид напряженного состояния с помощью инвариантов тензора напряжений?
8. Назовите виды деформаций и объясните их физический смысл. Что такое тензор деформаций? Как определяется объемная деформация?
9. Напишите соотношения Коши и объясните смысл входящих в них величин.
10. Напишите прямые и обратные соотношения обобщенного закона Гука при трехосном напряженном состоянии.
11. В чем состоит аналогия между напряженным и деформированным состояниями?
12. Что такое закон упругого изменения объема? Каким соотношением связаны между собой три основных постоянных упругости для изотропного материала?
13. Что такое удельная потенциальная энергия деформации? Что такое энергия изменения формы и энергия изменения объема?
14. Как определяются главные напряжения и углы наклона главных площадок при двухосном напряженном состоянии?