

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
И ОБРАЗОВАНИЯ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«ЧЕЛЯБИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра сопротивления материалов

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.А. Патрушев

**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ПРОВЕРКА ЖЕСТКОСТИ
СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК**

в программных продуктах SCAD, MSC.Patran-Nastran-2005

Методические указания

Челябинск 2007

Методические указания предназначены для студентов 2-го курса всех специальностей дневной формы обучения и студентов-заочников 3-го курса, изучающих дисциплины «Сопротивление материалов», «Прикладная механика» и «Техническая механика».

Составитель **Жилкин В.А.** - докт.техн.наук, профессор (ЧГАУ)

Рецензенты

Сапожников С.Б. - докт. техн. наук, профессор (ЮУрГУ)

Кромский Е.И. - канд. техн. наук, доцент (Уральский филиал МАДИ)

Печатается по решению редакционно-издательского совета ЧГАУ

© ФГОУ ВПО "Челябинский государственный агроинженерный университет", 2007.

ЗАДАНИЕ 5

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ПРОВЕРКА ЖЕСТКОСТИ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ БАЛОК¹

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

Для заданных расчетных схем статически определимых балок, испытывающих плоский поперечный изгиб и имеющих поперечные сечения:

балка № 1 - сечение прямоугольное ($h/b = 2$, h - высота поперечного сечения, b - его ширина; материал – дерево; $[\sigma] = 10 \text{ МПа}$);

балка № 2 - сечение круглое (материал – сталь легированная; $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$);

балка № 3 - сечение круглое, полое ($d/D = 0.8$; материал – сталь малоуглеродистая; $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$);

балка № 4 - двутавр (материал – сталь; $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$), необходимо в системах **MathCAD**, **SCAD**, **MSC.Patran-Nastran**:

для **балок № 1, 2, 3** осуществить подбор размеров поперечных сечений из расчета прочности балки по нормальным напряжениям и выполнить проверку прочности по касательным напряжениям (по формуле Журавского);

для **балки № 4** выполнить анализ напряженного состояния в балке, построить упругую линию и проверить балку на жесткость.

Необходимые числовые данные приведены в таблицах вариантов заданий.

Допускаемые касательные напряжения обычно принимают $[\tau] = 0,6[\sigma]$. Для дерева $[\tau] = 2 \text{ МПа}$, для стали малоуглеродистой $[\tau] = 1000 \text{ МПа}$.

Максимальные статические моменты отсеченной части площади поперечного сечения $(S_{н.о}^{омс})_{max}$, расположенной выше (или ниже) рассматриваемой точки относительно нейтральной оси y , равные произведению этой площади на расстояние от центра тяжести этой площади до оси y , для прямоугольного, круглого и трубчатого сечений вычисляются по следующим формулам:

для прямоугольника

$$(S_{н.о}^{омс})_{max} = \frac{bh^2}{8};$$

для круга

$$(S_{н.о}^{омс})_{max} = \frac{D^3}{12};$$

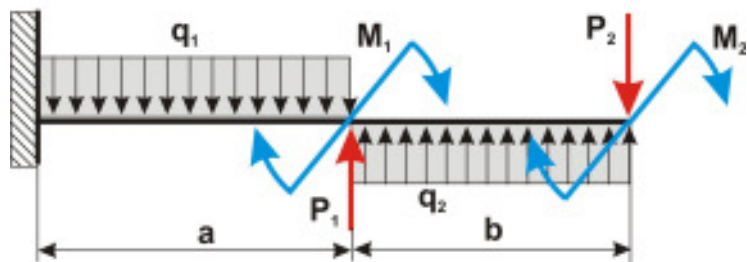
для трубчатого сечения (определяется разностью статических моментов большого и малого кругов)

$$(S_{н.о}^{омс})_{max} = \frac{I}{12}(D^3 - d^3).$$

¹ Алмаметов Ф. З., Арсеньев С. И., Курицын Н. А., Мишин А. М. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов: Учебное пособие. 3-е изд., стер. - СПб.: Издательство «Лань», 2005. – 368 с.

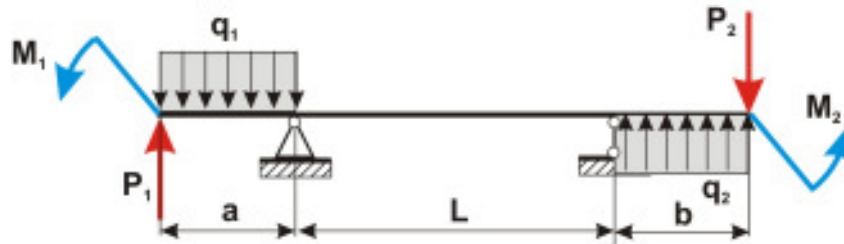
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Схема № 1



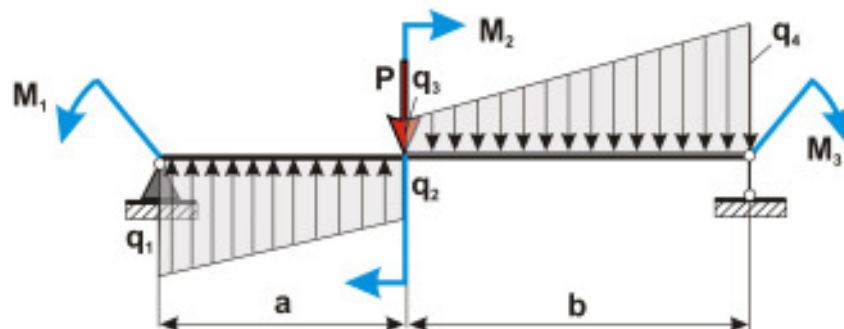
| Номер варианта | a | b | q_1 | q_2 | P_1 | P_2 | M_1 | M_2 |
|-------------------|-----|-----|-----------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | m | | $\kappa H/m \cdot 10$ | | $\kappa H \cdot 10$ | | $\kappa H \cdot m \cdot 10$ | |
| 1 | 2 | 1 | 0,5 | 0 | 0 | 0,8 | 1 | 0 |
| 2 | 2 | 2 | 0,6 | 0,4 | 0 | 0,5 | 2 | 0 |
| 3 | 1 | 3 | 0 | 0,3 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 4 | 3 | 2 | 0,8 | 0 | 1,5 | 0 | 0 | 3 |
| 5 | 3 | 2 | 0 | 1,6 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 6 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 |
| 7 | 3 | 2 | 1,5 | 0,5 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 8 | 2 | 2 | 1,2 | 0,8 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 9 | 4 | 2 | 0,6 | 1,5 | 0,5 | 2 | 0 | 0 |
| 10 | 2 | 4 | 1,6 | 0,6 | 1,1 | 1,5 | 2 | 1 |
| 11 | 3 | 1 | 0,3 | 0 | 0 | 0,6 | 0,5 | 0 |
| 12 | 3 | 2 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,4 | 1 | 0 |
| 13 | 2 | 3 | 0 | 0,4 | 0,6 | 0 | 0 | 1,8 |
| 14 | 1,5 | 2,5 | 0,6 | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 2 |
| 15 | 2 | 2 | 0 | 0,8 | 0 | 1 | 0,7 | 0 |
| 16 | 2 | 4 | 0 | 0,8 | 0,8 | 2 | 1,6 | 0 |
| 17 | 2 | 2 | 1,6 | 0,5 | 0,8 | 0 | 0 | 2 |
| 18 | 3 | 2 | 0,5 | 0,4 | 0 | 0 | 1,6 | 0 |
| 19 | 2 | 4 | 1,5 | 0,8 | 1,3 | 2,5 | 0 | 0 |
| 20 | 3 | 1 | 0,6 | 1,2 | 1,2 | 0,8 | 1,6 | 0,9 |
| 21 | 2 | 2 | 0,4 | 0 | 0 | 0,4 | 1 | 0 |
| 22 | 2 | 3 | 0,3 | 0,4 | 0 | 0,6 | 0,8 | 0 |
| 23 | 3 | 2 | 0 | 0,5 | 0,8 | 0 | 0 | 1,5 |
| 24 | 2 | 3 | 0,4 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 1,5 |
| 25 | 1 | 4 | 0 | 0,8 | 0 | 2 | 0,9 | 0 |
| 26 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0,6 | 1,6 | 1,2 | 0 |
| 27 | 2,5 | 1,5 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | 0 | 0 | 1,5 |
| 28 | 4 | 2 | 0,4 | 0,6 | 0 | 0 | 0,8 | 0 |
| 29 | 2 | 3 | 1,2 | 1 | 0,4 | 2,2 | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,4 | 1 | 0,8 | 1,2 |

Схема № 2



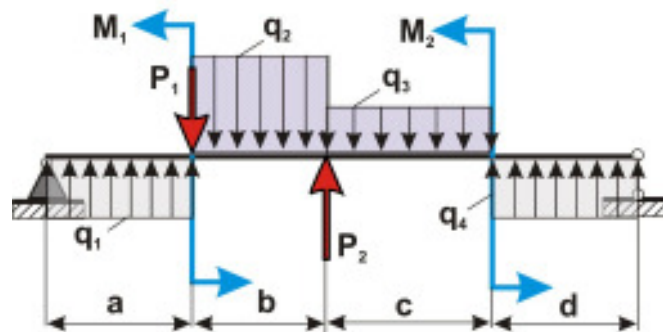
| Номер варианта | a | L | b | q_1 | q_2 | P_1 | P_2 | M_1 | M_2 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | m | | | $\kappa H/m \cdot 10$ | | $\kappa H \cdot 10$ | | $\kappa H \cdot m \cdot 10$ | |
| 1 | 2 | 4 | 1 | 1,2 | 0,6 | 0 | 0,5 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 4 | 1 | 1,5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0,4 | 2,5 | 0 |
| 4 | 2 | 4 | 2 | 0,6 | 0,6 | 0 | 4 | 2 | 1 |
| 5 | 1,6 | 2,5 | 1 | 2 | 1,2 | 2 | 0,6 | 2 | 0 |
| 6 | 1,5 | 3 | 2 | 0 | 0,5 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 7 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 3 | 0 |
| 8 | 1 | 4 | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,9 | 0 | 2 |
| 9 | 2 | 4 | 2 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,6 | 0 | 0 |
| 10 | 0,8 | 5 | 1 | 2 | 0,4 | 0,8 | 0 | 0 | 0,8 |
| 11 | 1 | 3 | 2 | 1,8 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1,2 | 0 | 0 | 4 |
| 13 | 1 | 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| 14 | 1 | 5 | 2 | 1,2 | 2 | 0 | 3 | 1 | 2 |
| 15 | 1 | 5 | 3 | 2 | 1 | 1,5 | 2 | 4 | 0 |
| 16 | 2 | 4 | 1 | 0 | 1,8 | 3 | 0 | 4 | 2 |
| 17 | 2 | 4 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 |
| 18 | 2 | 3 | 2 | 1,5 | 2 | 2 | 3 | 0 | 2 |
| 19 | 2 | 5 | 1 | 1,3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 20 | 1 | 4 | 2 | 2 | 0,8 | 1 | 1,2 | 3 | 2 |
| 21 | 1 | 5 | 2 | 1,5 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 22 | 2 | 4 | 2 | 2,5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| 23 | 2 | 5 | 1 | 1,8 | 0 | 0 | 1,2 | 2 | 0 |
| 24 | 2 | 5 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1,5 | 2 | 3 |
| 25 | 2 | 6 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1,2 | 4 | 0 |
| 26 | 2 | 5 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 3 |
| 27 | 1 | 5 | 2 | 0 | 3 | 1 | 4 | 4 | 0 |
| 28 | 2 | 5 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 0 | 1 |
| 29 | 1 | 4 | 2 | 1 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 30 | 2 | 5 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |

Схема № 3



| Номер варианта | a | b | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | P | M_1 | M_2 | M_3 |
|----------------|-----|-----|-----------------------|-------|-------|-------|---------------------|-----------------------------|-------|-------|
| | m | | $\kappa H/m \cdot 10$ | | | | $\kappa H \cdot 10$ | $\kappa H \cdot m \cdot 10$ | | |
| 1 | 6 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 | 4 |
| 2 | 8 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 6 | 2 | 0 | 8 |
| 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 1 | 2 | 4 | 0 | 2 | 4 |
| 4 | 2 | 8 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 3 | 6 | 4 |
| 5 | 8 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 5 | 6 | 0 | 3 |
| 6 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 3 | 0 | 6 |
| 7 | 6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 2 |
| 8 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 8 | 4 | 0 |
| 9 | 8 | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 | 10 | 0 | 6 | 0 |
| 10 | 4 | 6 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 6 | 4 | 8 |
| 11 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 12 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 6 | 0 | 3 |
| 13 | 4 | 6 | 0 | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 5 |
| 14 | 6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| 15 | 4 | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 8 | 4 | 6 | 0 |
| 16 | 6 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 | 3 |
| 17 | 5 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 7 | 8 | 0 | 3 |
| 18 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 | 8 | 4 |
| 19 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 4 | 6 | 2 |
| 20 | 8 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 10 | 4 | 0 | 6 |
| 21 | 2 | 6 | 0 | 0 | 2 | 3 | 8 | 6 | 0 | 2 |
| 22 | 4 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 3 |
| 23 | 2 | 6 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 2 | 0 |
| 24 | 7 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 6 | 0 | 4 | 0 |
| 25 | 4 | 6 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 3 | 6 | 2 |
| 26 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 8 | 4 |
| 27 | 5 | 4 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 6 | 0 | 3 |
| 28 | 6 | 4 | 0 | 2 | 2 | 2 | 6 | 0 | 0 | 9 |
| 29 | 7 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| 30 | 4 | 6 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5 | 6 | 4 | 0 |

Схема № 4



| Номер варианта | a | b | c | d | M_1 | M_2 | P_1 | P_2 | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | m | | | | $\kappa H \cdot m \cdot 10$ | | $\kappa H \cdot 10$ | | $\kappa H/m \cdot 10$ | | | |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 0 | 6 | 4 | 8 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 | 4 | 5 | 12 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 0 | 0 | 10 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 4 | 4 | 1 | 1 | 3 | 8 | 6 | 7 | 3 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| 5 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 6 | 3 | 12 | 0 | 3 | 3 | 0 |
| 6 | 1 | 3 | 2 | 3 | 6 | 0 | 3 | 12 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | 3 | 1 | 2 | 2 | 8 | 0 | 4 | 8 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 8 | 1 | 3 | 1 | 3 | 0 | 8 | 8 | 3 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| 9 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 12 | 12 | 6 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| 10 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 13 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 | 2 |
| 11 | 3 | 2 | 2 | 1 | 4 | 0 | 6 | 12 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 12 | 2 | 2 | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 9 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 13 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 8 | 4 | 12 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 14 | 3 | 1 | 1 | 2 | 7 | 0 | 9 | 8 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| 15 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 0 | 5 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 16 | 3 | 2 | 2 | 1 | 6 | 6 | 8 | 12 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 17 | 3 | 1 | 1 | 3 | 8 | 0 | 8 | 10 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 4 | 6 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| 19 | 4 | 1 | 4 | 1 | 5 | 0 | 0 | 12 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 20 | 3 | 3 | 1 | 3 | 0 | 5 | 10 | 5 | 2 | 2 | 0 | 2 |
| 21 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| 22 | 1 | 2 | 3 | 2 | 6 | 0 | 5 | 10 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 23 | 3 | 3 | 1 | 1 | 0 | 8 | 0 | 8 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 24 | 4 | 2 | 1 | 2 | 0 | 6 | 12 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 25 | 3 | 3 | 2 | 1 | 6 | 3 | 4 | 12 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 26 | 2 | 3 | 2 | 1 | 10 | 0 | 0 | 10 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 27 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 4 | 0 | 8 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 28 | 1 | 3 | 2 | 2 | 4 | 0 | 6 | 12 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 29 | 4 | 1 | 1 | 4 | 5 | 5 | 8 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 30 | 1 | 3 | 1 | 3 | 6 | 0 | 8 | 4 | 3 | 2 | 0 | 3 |