

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Оренбургский государственный университет"

Индустриально-педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

Т.В. МИГОТИНА

ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И СЖАТИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 624.04(07)

ББК 38.112я7

М57

Рецензент

канд. техн. наук, профессор Р.В. Ромашов

Миготина, Т.В.

М57

Построение эпюр внутренних силовых факторов при растяжении и сжатии: методические указания к расчётно-графической работе/ Т.В Миготина. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008.- 19с

Основное содержание – построение эпюры продольных сил, эпюры нормальных напряжений и эпюры абсолютного удлинения свободного конца стального стержня.

Методические указания предназначены для выполнения расчётно-графической работы по дисциплине «Техническая механика» для студентов специальностей 0505001, 151001, 160203, 150411 и 220301.

ББК 38.112я7

© Миготина Т.В, 2008

© ГОУ ОГУ , 2008

Содержание

Введение.....	7
1 Растяжение и сжатие.....	8
1.1 Продольные силы в поперечных сечениях стержня	8
1.2 Напряжения в поперечных сечениях стержня.....	8
1.3 Упругие деформации.....	9
2 Пример выполнения РГР.....	10
2.1 Варианты задания на РГР.....	10
2.2 Решение (на примере варианта №13).....	11
2.2.1 Продольная сила N_z	11
2.2.2 Расчет нормальных напряжений.....	13
2.2.3 Абсолютное удлинение стержня.....	15
3 Общие требования к оформлению РГР.....	18
3.1 Оформление текста.....	18
3.2 Титульный лист.....	18
3.2.1 Правила присвоения классификационного кода.....	19
3.3 Основные надписи.....	19
Список использованных источников.....	20
Приложение А.....	21
Пример оформления титульного листа.....	21
Приложение Б.....	22
Формы основных надписей.....	22

Введение

Расчетно-графическая работа (РГР) являются одним из видов самостоятельной работы студентов, они выполняются в соответствии с рабочей программой дисциплины и служат для развития необходимых специалисту навыков практического использования методов решения задач, изученных на лекционных занятиях.

В процессе освоения многих технических дисциплин студентам колледжа приходится решать конструкторские задачи. Многие задачи связаны с расчётом типовых элементов конструкций на деформацию растяжения и сжатия. Для этого разработано методическое указание, которое позволяет даже без помощи преподавателя (самостоятельно) выполнять не сложные расчёты по разделу растяжение и сжатие (сопротивление материалов). В методических указаниях чётко определены правила определения внутренних силовых факторов (В.С.Ф.), правила построения эпюр В.С.Ф. (через графический материал). В данных методических указаниях определены правила определения напряжений и построения эпюры напряжения. А также правила определения абсолютного удлинения и правила построения эпюры абсолютного удлинения. В приведённом примере дана структура выполнения работы и правила её оформления с учётом всех требований С.Т.П. для средних специальных учебных заведений (колледжей машиностроительного профиля).

1 Растяжение и сжатие

1.1 Продольные силы в поперечных сечениях стержня

При осевом растяжении или сжатии стержня внутренние силы упругости в поперечных сечениях могут быть заменены равнодействующей силой, направленной вдоль оси стержня. Эту силу называют *продольной силой* и обозначают N_z .

Продольная сила в любом поперечном сечении численно равна алгебраической сумме проекций на ось стержня внешних сил, приложенных к части стержня, расположенной по одну сторону от сечения.

Величина продольной силы не зависит от площади поперечного сечения стержня.

При растяжении стержня продольную силу считают положительной, при сжатии – отрицательной.

График, показывающий закон изменения продольной силы по длине стержня, называют *эпюрой продольных сил*. Ось эпюры направляют параллельно оси стержня. Положительные значения продольной силы откладывают вверх, а отрицательные вниз. Если понимать под словом «эпюра» не график, а диаграмму, то можно условно сказать, что в данном случае эпюра имеет вид прямоугольника.

1.2 Напряжения в поперечных сечениях стержня

При чистом растяжении или сжатии стержня в его поперечных сечениях возникают только нормальные напряжения. Из опытов установлено, что нормальные напряжения в поперечных сечениях стержня, достаточно отдаленных от точек приложения действующих сил, при растяжении и сжатии распределяются равномерно по сечению. Распределение напряжений зависит от способа передачи нагрузок только вблизи от мест их приложения, т.е. носят местный характер. Местные напряжения при статическом действии нагрузки в большинстве случаев не учитываются.

Величину напряжений определяют по формуле (1):

$$\sigma = \frac{N_z}{A} \quad (1)$$

где σ – нормальное напряжение, Па (Н/мм^2);

N_z – продольная сила, Н;

A – площадь поперечного сечения стержня, мм^2 .

Наглядное представление об изменении напряжений в поперечных сечениях стержня по его длине дает *эпюра нормальных напряжений*.

Эпюрой нормальных напряжений называют график, показывающий закон изменения напряжений в поперечных сечениях по длине стержня.

1.3 Упругие деформации

Изменение длины (удлинение или укорочение) участка бруса в границах применимости закона Гука определяют по формуле (2):

$$\Delta l = \frac{N_z \cdot l}{E \cdot A} \quad (2)$$

где ΔL – абсолютное удлинение стержня, мм;

N_z – продольная сила, Н;

L – длина стержня, мм;

E – модуль продольной упругости материала стержня, Н/мм²;

A – площадь поперечного сечения стержня, мм².

Величина E , входящая в формулу (2), является одной из важнейших физических постоянных материала. Она характеризует его жёсткость, т.е. способность сопротивляться упругому деформированию. Значения модуля продольной упругости E при комнатной температуре для некоторых конструкционных материалов приведены в таблице (1).

Приведенная формула для определения изменения длины ΔL справедлива, если продольная сила N_z и жесткостью $E \cdot A$ постоянны по всей длине стержня. В противном случае стержень разбивают на участки, для каждого из которых указанное требование соблюдается, и изменение длины стержня определяют, как сумму изменения длин участков.

Таблица 1 – Значения модуля продольной упругости

Материал	E , Н/мм ² (МН/м ²)
Сталь	$(1,87 \div 2,16)10^5$
Чугун	$(0,88 \div 1,47)10^5$
Медь техническая и её сплавы (латунь, бронза)	$(0,98 \div 1,28)10^5$
Алюминиевые сплавы	$(0,69 \div 0,71)10^5$

2 Пример выполнения РГР

2.1 Варианты задания на РГР

Построить эпюру продольных сил и эпюру нормальных напряжений, а также определить перемещение свободного конца стального стержня (рисунок 1) для одного из вариантов, приведенных в таблице (2).

Таблица 2 – Варианты задания на РГР

вариант	$P_1, \text{кН}$	$P_2, \text{кН}$	$P_3, \text{кН}$	$P_4, \text{кН}$	$P_5, \text{кН}$	$P_6, \text{кН}$	$L_1, \text{м}$	$L_2, \text{м}$	$L_3, \text{м}$	$L_4, \text{м}$	$L_5, \text{м}$	$L_6, \text{м}$	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$d_3, \text{мм}$
1	40	10	0	40	0	10	1	0,5	1,5	1	0,5	1,5	20	20	30
2	60	20	40	0	40	60	1,5	1	0,5	0	1	0,5	25	30	35
3	70	0	30	20	90	0	0,5	1,5	0,5	0,5	1	0	30	32	40
4	50	60	50	0	70	80	0,5	2	0	0,5	1	0,5	25	20	25
5	60	20	20	40	0	60	0,5	1	0,5	1,5	1,5	0,5	30	40	30
6	100	50	0	20	80	0	1	0,5	1,5	2	0	1	35	30	20
7	0	100	40	60	0	40	0	2	0,5	1,5	0,5	0,5	35	35	40
8	30	0	20	40	60	120	1	0	0,5	1,5	1	0,5	20	30	35
9	20	60	80	0	10	50	0,5	0,5	0,5	0	1	0,5	20	25	30
10	40	20	50	40	20	0	1,5	0,5	1	0,5	1,5	0	25	30	20
11	80	40	0	10	20	100	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	30	25	25
12	0	60	20	40	0	80	0	1	1,2	0,6	0,3	1,5	25	30	35
13	100	0	20	30	20	60	0,8	0	1	1,2	0,8	1	32	30	40
14	90	30	20	0	40	70	1,5	0,5	0	0,5	1,5	1	30	28	35
15	70	80	40	20	90	0	0,6	0,5	1,5	0,5	2	0,5	25	25	30
16	0	40	60	40	60	40	0	1	0,5	1,5	0,8	0,6	20	20	30
17	40	80	100	40	0	80	1,2	0,8	0,5	0,5	0,8	1,2	20	25	30
18	100	80	20	0	20	70	0,8	0,5	0,6	0,6	1,2	0,8	30	20	30
19	20	0	40	20	20	50	1,5	0	0,5	1,2	0,5	0,8	20	25	30
20	60	20	40	30	0	20	0,5	0,8	1,5	0,7	0,1	1,2	25	25	25
21	30	80	40	20	30	0	1	0,5	1,5	0,8	0,6	0	24	20	25
22	70	30	20	40	0	80	1,2	1,5	0,6	0,6	1,5	1,2	30	25	35
23	40	0	20	0	80	40	0,6	0	0,6	1,5	0,5	0,8	20	20	25
24	0	60	30	20	50	20	0	1	1	0,5	1	1,5	25	30	35
25	40	20	40	20	90	0	1	1,5	0,8	0,6	0	1	20	25	25

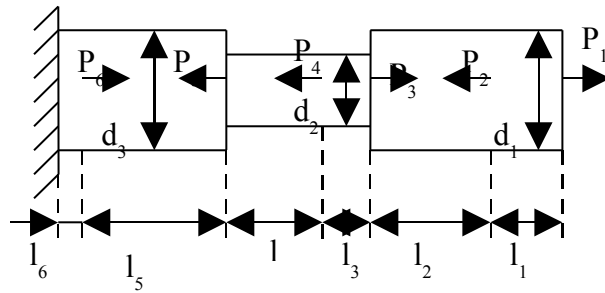


Рисунок 1 - Схема стержня

2.2 Решение (на примере варианта №13)

Вариант 13.

$P_1=100$ кН	$l_1=0.8$ м	$d_1=32$ мм
$P_2=0$ кН	$l_2=0$ м	$d_2=30$ мм
$P_3=20$ кН	$l_3=1.0$ м	$d_3=40$ мм
$P_4=30$ кН	$l_4=1.2$ м	$E=2 \cdot 10^5$ Н/мм ²
$P_5=20$ кН	$l_5=0.8$ м	
$P_6=60$ кН	$l_6=1.0$ м	

Для данного варианта задачи одна из сил, сила P_2 , действующих на тело равна нулю, а следовательно сила P_1 будет действовать на участке l_{12} . Получается следующая схема (рисунок 2):

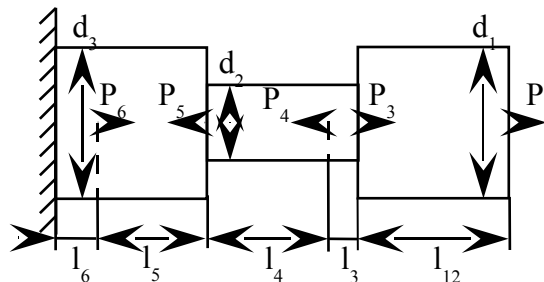


Рисунок 2 – Схема стержня вариант 13

2.2.1 Продольная сила N_z

Разобьем стержень на участки. Границы участков определяются сечениями, где изменяются поперечные сечения или приложены нагрузки. Мысленно разрежем стержень в пределах участка 1 и отбросим левую часть (рисунок 3). Для уравнивания силы $P_1=100$ кН необходимо, чтобы равнодействующая внутренних сил (продольная сила N_{z1}) равнялась внешней силе P_1 :

$$-N_{Z1}+P_1=0$$

$$N_{Z1}=P_1=100 \text{ кН}$$

Аналогично мысленно рассечем стержень в пределах участка 2 и отбросим левую часть (рисунок 3). Чтобы уравновесить внешние силы P_1 и P_2 :

$$-N_{Z2}+P_3+P_1=0$$

$$-N_{Z2}=-P_3-P_1$$

$$N_{Z2}=20+100$$

$$N_{Z2}=120 \text{ кН}$$

Аналогично для 3 участка (рисунок 3).

$$-N_{Z3}-P_4+P_3+P_1=0$$

$$-N_{Z3}=P_4-P_3-P_1$$

$$N_{Z3}=-30+20+100$$

$$N_{Z3}=90 \text{ кН}$$

Аналогично для 4 участка (рисунок 3).

$$-N_{Z4}-P_5-P_4+P_3+P_1=0$$

$$-N_{Z4}=P_5+P_4-P_3-P_1$$

$$N_{Z4}=-20-30+20+100$$

$$N_{Z4}=70 \text{ кН}$$

Аналогично для 5 участка (рисунок 3).

$$-N_{Z5}+P_6-P_5-P_4+P_3+P_1=0$$

$$-N_{Z5}=-P_6+P_5+P_4-P_3-P_1$$

$$N_{Z5}=60-20-30+20+100$$

$$N_{Z5}=130 \text{ кН}$$

В соответствии с полученными данными строим эпюру продольных сил (рисунок 4).

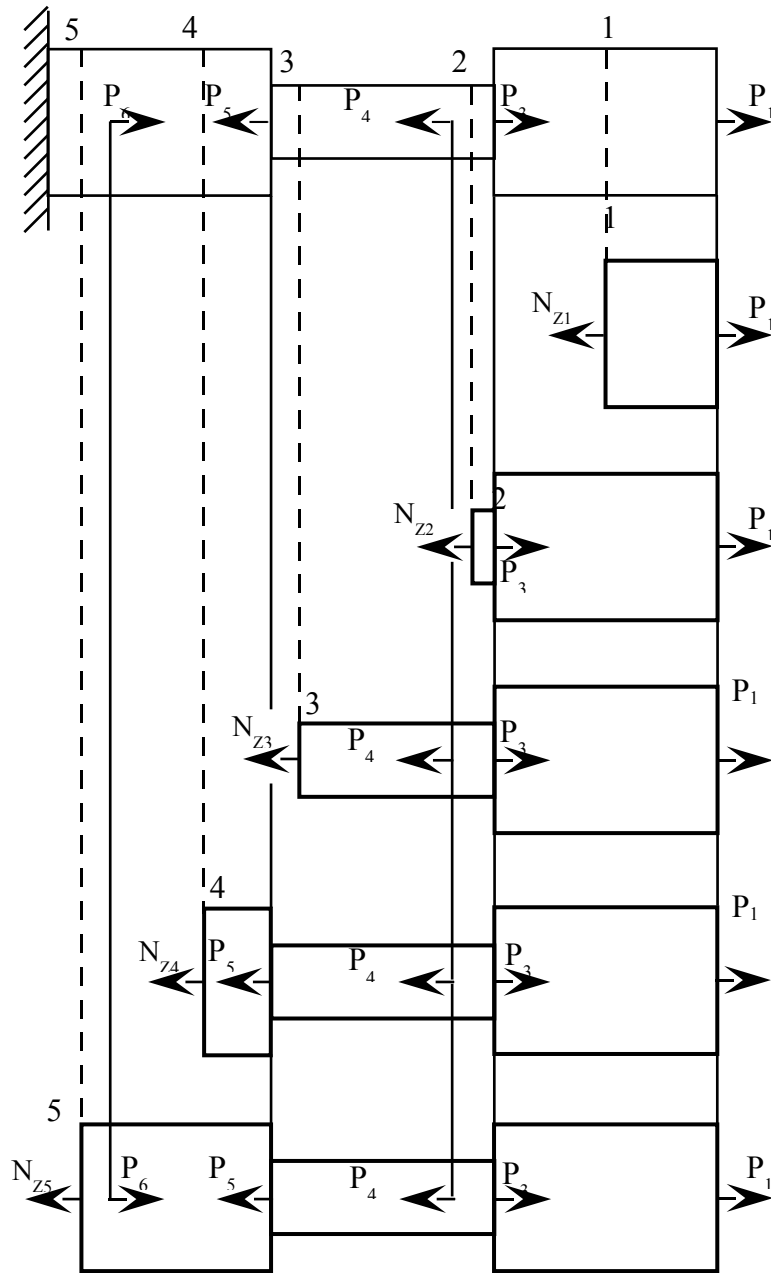


Рисунок 3 – Продольная сила N_z в поперечных сечениях стержня

2.2.2 Расчет нормальных напряжений

Для определения напряжений в поперечных сечениях стержня необходимо значения продольных сил разделить на площади соответствующих сечений.

Определим площади поперечных сечений стержня по формуле (3).

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (3)$$

$$A_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$$

$$A_1 = \frac{3.14 \cdot 32^2}{4} = 803.84 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$$

$$A_2 = \frac{3.14 \cdot 30^2}{4} = 706.5 \text{ мм}^2$$

$$A_3 = \frac{\pi d_3^2}{4}$$

$$A_3 = \frac{3.14 \cdot 40^2}{4} = 1256 \text{ мм}^2$$

Площадь 1 уч-ка. A_1 . Площадь 2 и 3 уч-ка. A_2 . Площадь 4 и 5 уч-ка. A_3 .

Находим напряжения на отдельных участках стержня по формуле (1):

1 участок:

$$\sigma_1 = \frac{N_{z1}}{A_1}$$

$$\sigma_1 = \frac{100000}{803.84} = 124.4 \text{ Па}$$

2 участок:

$$\sigma_2 = \frac{N_{z2}}{A_2}$$

$$\sigma_2 = \frac{120000}{706.5} = 169.85 \text{ Па}$$

3 участок:

$$\sigma_3 = \frac{N_{z3}}{A_2}$$

$$\sigma_3 = \frac{90000}{706.5} = 127.39 \text{ Па}$$

4 участок:

$$\sigma_4 = \frac{N_{Z4}}{A_3}$$

$$\sigma_4 = \frac{70000}{1256} = 55.73 \text{ Па}$$

5 участок:

$$\sigma_5 = \frac{N_{Z5}}{A_3}$$

$$\sigma_5 = \frac{130000}{1256} = 103.5 \text{ Па}$$

В соответствии с полученными значениями напряжений строим эпюру нормальных напряжений (рисунок 5)

2.2.3 Абсолютное удлинение стержня

Для определения абсолютного удлинения стержень разбивают на участки, для каждого из которых указанные выше требования соблюдается, а изменение длины стержня определяют, как сумму изменения длин участков.

Находим абсолютное удлинение стержня по формуле (2):

$$\Delta l_6 = \frac{N_{Z6} \cdot l_6}{E \cdot A_6}$$

$$\Delta l_6 = \frac{130000 \cdot 1000}{2 \cdot 10^5 \cdot 1256} = \frac{1300 \cdot 10^5}{2512 \cdot 10^5} = 0.5175 \text{ мм}$$

$$\Delta l_5 = \frac{N_{Z5} \cdot l_5}{E \cdot A_5}$$

$$\Delta l_5 = \frac{70000 \cdot 800}{2 \cdot 10^5 \cdot 1256} = \frac{560 \cdot 10^5}{2512 \cdot 10^5} = 0.223 \text{ мм}$$

$$\Delta l = \Delta l_6 + \Delta l_5 = 0.5175 + 0.223 = 0.7405 \text{ мм}$$

$$\Delta l_4 = \frac{N_{Z4} \cdot l_4}{E \cdot A_4}$$

$$\Delta l_4 = \frac{90000 \cdot 1200}{2 \cdot 10^5 \cdot 706.5} = \frac{1080 \cdot 10^5}{1413 \cdot 10^5} = 0.7643 \text{ мм}$$

$$\Delta l = \Delta l_6 + \Delta l_5 + \Delta l_4 = 0.5175 + 0.223 + 0.7643 = 1.5048 \text{ мм}$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_{Z_3} \cdot l_3}{E \cdot A_2}$$

$$\Delta l_3 = \frac{120000 \cdot 1000}{2 \cdot 10^5 \cdot 706.5} = \frac{1200 \cdot 10^5}{1413 \cdot 10^5} = 0.8493 \text{ мм}$$

$$\Delta l = \Delta l_6 + \Delta l_5 + \Delta l_4 + \Delta l_3 = 0.5175 + 0.223 + 0.7643 + 0.8493 = 2.3541 \text{ мм}$$

$$\Delta l_{12} = \frac{N_{Z_{12}} \cdot l_{12}}{E \cdot A_1}$$

$$\Delta l_{12} = \frac{100000 \cdot 800}{2 \cdot 10^5 \cdot 803.84} = \frac{80000 \cdot 10^3}{160768 \cdot 10^3} = 0.4976 \text{ мм}$$

$$\Delta l = \Delta l_6 + \Delta l_5 + \Delta l_4 + \Delta l_3 + \Delta l_{12} = 0.5175 + 0.223 + 0.7643 + 0.8493 + 0.4976 = 2.8517 \text{ мм}$$

м

В соответствии с полученными значениями абсолютных удлинений строим эпюру абсолютного удлинения стержня (рисунок б).

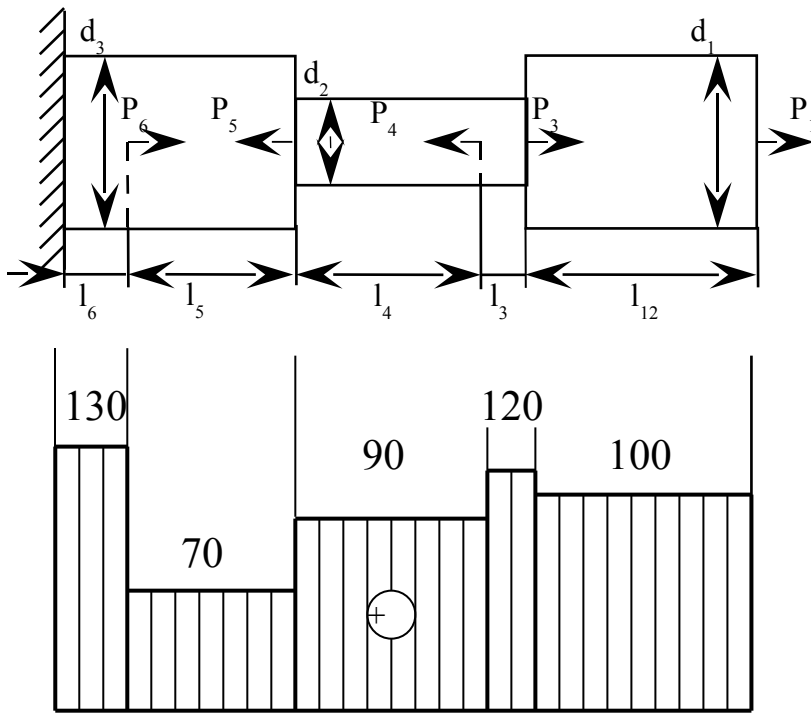


Рисунок 4 – Эпюра продольных сил, кН

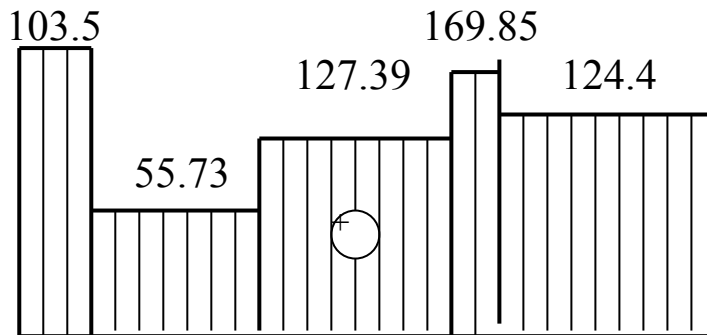


Рисунок 5 – Эпюра нормальных напряжений, Па (Н/мм^2)

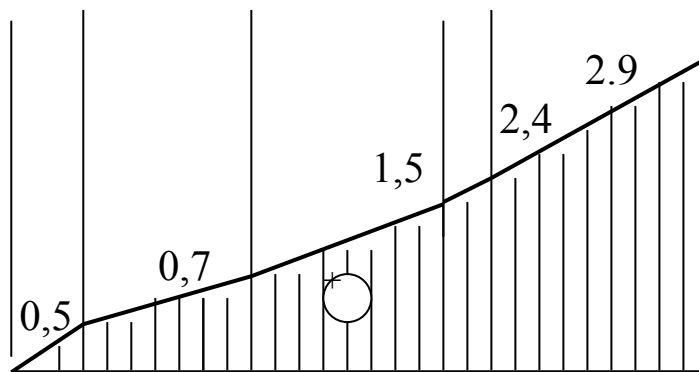


Рисунок 6 – Эпюра абсолютного удлинения стержня, мм

3 Общие требования к оформлению РГР

3.1 Оформление текста

Текст выполняется на листах формата А4 (210 x 297 мм).

Текст выполняют одним из следующих способов:

- машинописным - через полтора-два интервала. Шрифт пишущей машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, лента только черного цвета (полужирная). Формулы в машинописный текст вносят от руки;

- с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

Допускается выполнять текст рукописным способом чертежным шрифтом с высотой букв не менее 2,5 мм, а цифр – 5 мм. Цифры и буквы необходимо выполнять тушью или пастой (чернилами) черного цвета.

На компьютере текст должен быть оформлен в текстовом редакторе Word for Windows версии не ниже 6.0.

- Тип шрифта: Times New Roman Cyr. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов: полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт.

- Межсимвольный интервал: обычный. Межстрочный интервал: одинарный.

- Формулы должны быть оформлены в редакторе формул Equation Editor и вставлены в документ как объект.

Размеры шрифта для формул:

- обычный - 14 пт;

- крупный индекс - 10 пт;

- мелкий индекс - 8 пт;

- крупный символ - 20 пт;

- мелкий символ - 14 пт.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки листа должно быть не менее 10 мм. Расстояние от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк должно быть не менее 3 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти ударам пишущей машинки (15-17 мм).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением в том же месте исправленного текста машинописным способом или черными чернилами, помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста не допускаются.

3.2 Титульный лист

Титульный лист является первым листом РГР.

Переносы слов в надписях титульного листа не допускаются.

На титульном листе указывают классификационный код (см. разд. 3.2.1). Пример оформления титульного листа РГР приведен в приложении А.

3.2.1 Правила присвоения классификационного кода

Устанавливается следующая структура обозначения учебной документации:

	X	XXXXXX.	X	X	XX.	XX	X
Код организации-разработчика (ОГУ)							
Шифр специальности (190600, 060400 и т.д.)							
Код вида документации РГР – 6							
Характеристика тем Без указания - 0							
Год издания работы Обозначается двумя последними цифрами календарного года, в котором защищается работа							
Порядковый номер исполнителя. Берется по журналу данной группы, в котором список студентов приведен в алфавитном порядке							
Шифр документа О - отчет по РГР							

3.3 Основные надписи

Основные надписи выполняются в соответствии с приложением Б.

Список использованных источников

1 **Дарков, А.Б.** Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.Б.Дарков, Г.С.Шпиро - М.: Высшая школа, 1969. - 724 с.

2 **Дарков, А.В.** Сопротивление материалов / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро - М.: Высшая школа, 1975. - 643 с.

3 **Ицкович Г.М.** Сопротивление материалов / Г.М. Ицкович - М.: Высшая школа, 1998. - 364 с.

4 **Мишенин, Б.В.** Техническая механика. Задания на расчетно-графические работы: учебник для ССУЗов с примерами их выполнения /Б.В. Мишенин - М.: НМЦ СПО РФ, 1994. – 420 с.

Приложение А
(справочное)

Пример оформления титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Индустиально – педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

ОТЧЕТ

(16 пт)

по расчетно-графической работе
по дисциплине «Техническая механика»

Растяжение и сжатие

ИПК 151001.6008. 13 О

Руководитель

_____ Миготина Т.В.
« ____ » _____ 2008г.

Исполнитель

студент гр. ТМ – 06
_____ Иванов И.И.
« ____ » _____ 2008г.

Оренбург 2008

Приложение Б (справочное) Формы основных надписей

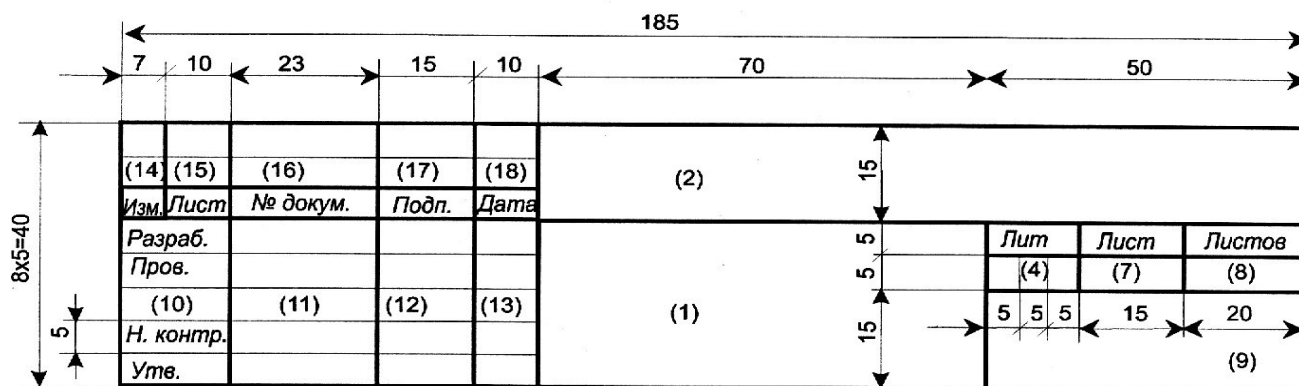


Рисунок Б.1 - Форма основных надписей для текстовых конструкторских документов (первый лист).

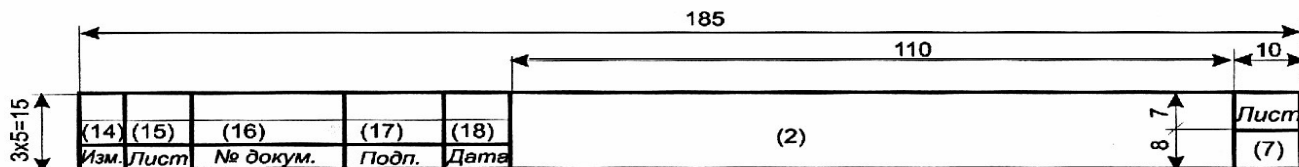


Рисунок Б.2 – Форма основных надписей для текстовых конструкторских документов (последующие листы).