

**Министерство образования и молодежной политики Рязанской области
Областное государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение «Ряжский колледж имени
Героя Советского Союза А.М. Серебрякова»**

«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

**Специальность: 08.02.05. Строительство и эксплуатация
автомобильных дорог и аэродромов.**

Методическая разработка

Рабочая тетрадь

По практическим работам

Раздел 2. Сопротивление материалов

(для освоения умений при аудиторной и дистанционной форме обучения)

**Автор: Вашкина Галина Павловна
преподаватель ОГБПОУ «Ряжский колледж
имени Героя Советского Союза А.М. Серебрякова**

2022г.

Аннотация

Основной целью профессионального образования становится формирование у выпускника постоянного стремления к самосовершенствованию и, как следствие, развитие у него качеств высокообразованной личности, что повышает его конкурентоспособность на рынке труда. Это ставит задачу оптимизации образовательного процесса. Один из подходов представлен в методической разработке "Рабочая тетрадь для практических работ по дисциплине "Техническая механика" для освоения умений при аудиторной и дистанционной форме обучения, включающая разработку комплекса практических заданий, целью которых является формирование базовых знаний для освоения специальных дисциплин по специальности 08.02.05. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов в условиях ОГБПОУ "Ряжский колледж имени Героя Советского Союза А.М. Серебрякова" и направленных на повышение качества образовательной подготовки.

В рамках программы учебной дисциплины обучающимися осваиваются умения производить расчеты по теоретической механике, сопротивлению материалов и основам строительной механики. Данная методическая разработка посвящена разделу 2. «Сопротивление материалов».

Практические задания представлены разнообразными тематическими направлениями заявленного курса. Единая целостная структура практических работ включает целый ряд базовых пунктов: цель, состав задания, порядок выполнения, методику решения, многовариантные исходные данные, основные источники, контрольные вопросы.

Эффективность использования отведенного времени определяется целесообразным подбором заданий, рациональной методикой их выполнения и, безусловно, хорошей теоретической подготовкой.

Задачи, выносимые для практических работ, относятся ко второй группе сложности, в которых физическая сущность вопроса достаточно ясна и методика решения в известной степени стандартна.

Подбор заданий базируется на так называемом номенклатурном списке, в котором указаны все вопросы, подлежащие освещению и иллюстрации. Трудности решения задач не могут служить причиной их исключения.

Положительным моментом данной методической разработки является возможность ее применения в формате дистанционного обучения.

Особое значение имеет формирование и развитие у обучающихся профессиональных компетенций, общих компетенций и личностных результатов

Код и наименование профессиональных компетенций	
ПК 1.3	Проектировать конструктивные элементы автомобильных дорог и аэродромов
ПК 1.4	Проектировать транспортные сооружения и их элементы

Код и наименование общих компетенций	Код и содержание личностных результатов
ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам	ЛР 17. Способность выдвигать альтернативные варианты действий с целью выработки новых оптимальных алгоритмов решения задач
ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности	ЛР 16. Готовность обучающегося искать и находить необходимую информацию используя разнообразные технологии ее поиска для решения возникающих в процессе деятельности проблем
ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личное развитие	ЛР 22. Приобретение навыков общения и самоуправления ЛР 23. Получение обучающимися возможности самораскрытия и самореализации личности
ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами	ЛР 13. Готовность обучающегося соответствовать ожиданиям работодателей: ответственный сотрудник, дисциплинированный, трудолюбивый, нацеленный на достижение поставленных задач, эффективно взаимодействующий с членами команды, сотрудничающий с другими людьми, проектно мыслящий ЛР 19. Уважительное отношение обучающихся к результатам собственного и чужого труда ЛР 21. Приобретение обучающимися опыта личной ответственности за развитие группы обучающихся
ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности	ЛР 14. Приобретение обучающимися навыка оценки информации в цифровой среде, ее достоверность, способность строить логическое умозаключение на основании поступающей информации и данных

Министерство образования и молодежной политики Рязанской области
Областное государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение «Рязский колледж имени
Героя Советского Союза А.М. Серебрякова»

«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»

Специальность: 08.02.05. Строительство и эксплуатация
автомобильных дорог и аэродромов

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ
ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

Вариант _____

Студент группы _____

Преподаватель _____ Вашкина Г. П.

Оглавление

1. Введение	2
Практическая работа № 2.1 «Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений» ..	3
Практическая работа № 2.2 «Определение удлинения или укорочения бруса при осевом растяжении (сжатии)»	6
Практическая работа № 2.3 «Проверочный расчет бруса при центральном растяжении (сжатии)»	8
Практическая работа № 2.4 «Проектировочный расчет при центральном растяжении (сжатии)»	10
Практическая работа № 2.5 «Расчет эксплуатационной способности стержневой системы»	13
Практическая работа № 2.6 «Расчет на прочность заклепочного соединения»	16
Практическая работа № 2.7 «Определение главных центральных моментов инерции сечения геометрической формы, имеющего ось симметрии	18
Практическая работа № 2.8 «Определение главных центральных моментов инерции сечения составленного из прокатных профилей, имеющего ось симметрии	23
Практическая работа № 2.9 «Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в простой балке»	27
Практическая работа № 2.10 «Проектировочный расчет при изгибе на прочность»	31
Практическая работа № 2.11 «Расчет балок на жесткость»	33
Практическая работа № 2.12 «Проверочный расчет центрально сжатого стержня на прочность и устойчивость»	36

Введение

Учебная дисциплина «Техническая механика» относится к общепрофессиональному циклу и предназначена для реализации Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) среднего профессионального образования (СПО).

Одной из форм организации учебного процесса является практическое занятие. Рабочая тетрадь предназначена для освоения обучающимися умений производить расчеты по разделу 2 «Сопротивление материалов» изучаемой дисциплины для формирования базовых знаний специальных дисциплин по специальности 02.08.05. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов.

Сформулированные ниже **цели** составляют основу практических работ студентов:

- развить умение и навыки применения теоретических знаний к решению практических вопросов;
- закрепить и углубить знания по изучаемой дисциплине;
- развить способности к самостоятельному техническому мышлению и анализу, развить понимание физических явлений;
- развить технику вычислений;
- развить навыки работы со справочной и технической литературой;
- развить смелость в подходе к техническим вопросам и настойчивость в их решении.

Порядок отчетности

- Выполненную и оформленную в соответствии с методическими рекомендациями практическую работу студент сдает преподавателю в указанные сроки.
- Незачётная практическая работа подлежит исправлению и повторной сдаче преподавателю на проверку.
- Все замечания преподавателя по выполнению и оформлению практической работы должны быть исправлены в срок, указанный преподавателем.
- Все практические работы, проверенные и подписанные, сдаются в форме сводного отчета преподавателю до итогового занятия.
- Без выполнения практических работ итоговая оценка не выставляется.

**Рассмотрено на заседании цикловой комиссии общепрофессиональных дисциплин
и рекомендовано для использования в учебном процессе**

« ____ » _____ 20__ г.

Протокол № ____

Председатель цикловой комиссии _____

РАЗДЕЛ 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.1

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений при центральном растяжении и сжатии

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в построении эпюр продольных сил и нормальных напряжений центрально растягиваемого (сжимаемого) бруса

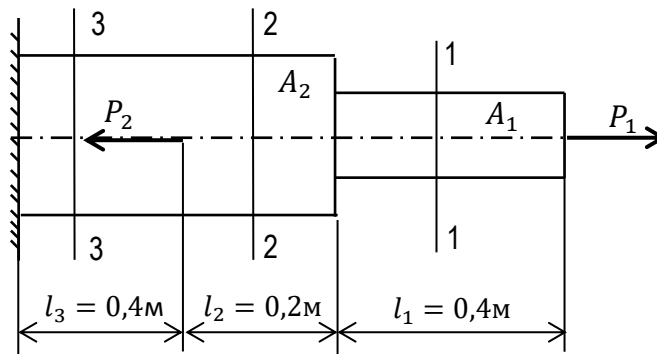
Состав задания

- для стального ступенчатого бруса построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи
5. Выполнить графическое решение

Расчетная схема



$$P_1 =$$

$$P_2 =$$

$$A_1 =$$

$$A_2 =$$

Решение

1. Разбиваем брус на участки в пределах, которых нагрузка и поперечное сечение неизменны. В нашем случае таких участков три.
2. В пределах каждого участка, применяя метод сечений, составляем аналитические выражения изменения продольной силы и находим значения продольных сил в произвольных сечениях

Сечение 1-1

$$N_1 = \underline{\hspace{4cm}}$$

Сечение 2-2

$$N_2 = \underline{\hspace{4cm}}$$

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений при центральном растяжении и сжатии	Литера	Лист	Листов
Выполнил							3	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа_____		

Сечение 3-3

$$N_3 =$$

3. Определяем значения нормальных напряжений в указанных сечениях

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} =$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} =$$

$$\sigma_2 = \frac{N_3}{A_2} =$$

По найденным значениям строим эпюры продольных сил и нормальных напряжений

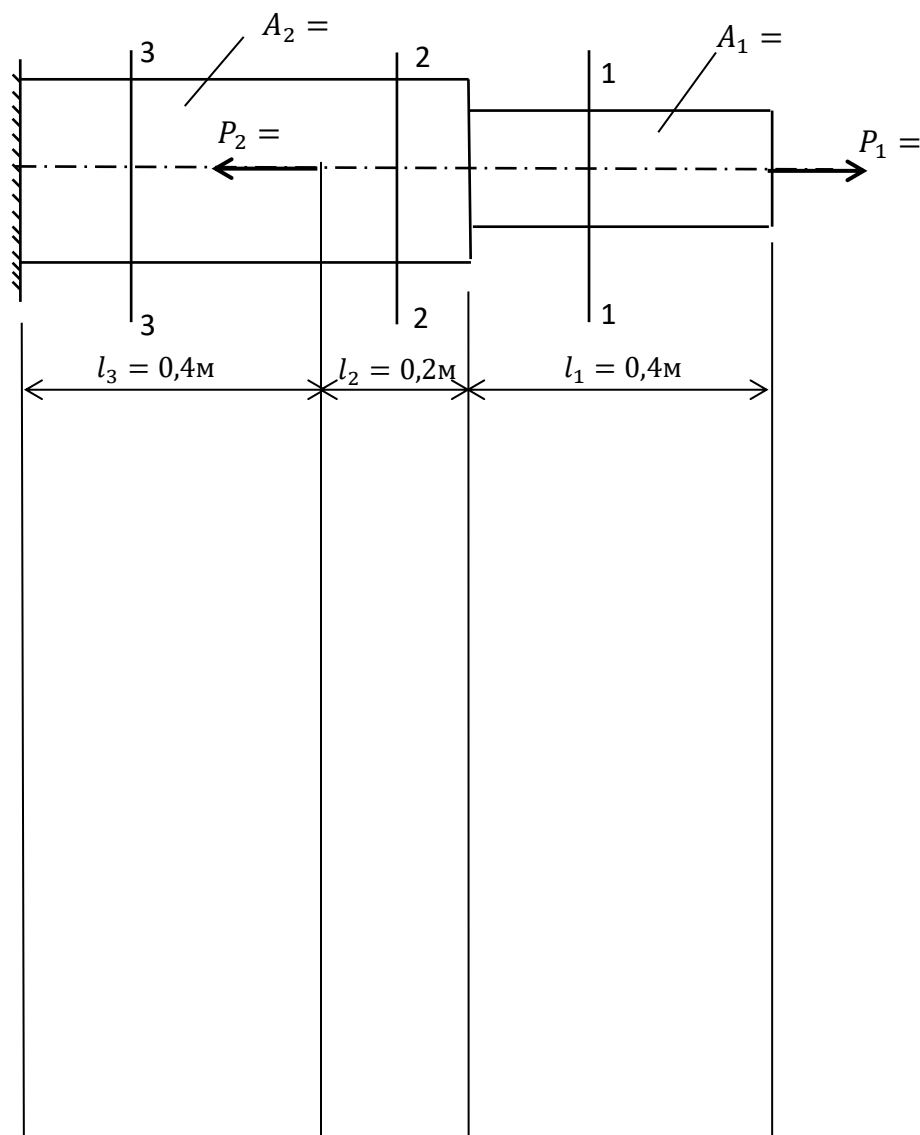
Порядок построения эпюры продольных сил и нормальных напряжений:

1. Проводим прямую, параллельную оси бруса (базовая линия)
2. Положительные значения силового фактора в произвольном масштабе откладываем вверх от базовой линии, отрицательные - вниз
3. Эпюру заштриховываем перпендикулярно базовой линии
4. На эпюре ставим знак «+» или «-»
5. Эпюру подписываем и проставляем единицы измерения

Таблица вариантов заданий

Вариант	P_1 кН	P_2 кН	A_1 см ²	A_2 см ²	Вариант	P_1 кН	P_2 кН	A_1 см ²	A_2 см ²
1	60	100	6	3	16	80	70	10	15
2	100	40	8	4	17	110	80	8	12
3	70	130	10	5	18	115	45	8	10
4	110	40	10	15	19	130	20	12	8
5	80	60	8	12	20	140	25	14	10
6	115	75	9	14	21	170	15	15	12
7	135	15	13	10	22	70	10	5	8
8	120	10	10	8	23	125	25	8	12
9	80	40	11	8	24	150	30	10	14
10	60	150	5	7	25	100	50	12	10
11	30	130	3	8	26	140	10	15	9
12	100	20	6	6	27	80	40	14	8
13	180	60	25	20	28	135	15	8	12
14	160	80	20	15	29	150	50	10	12
15	120	40	15	10	30	120	20	9	14

Эпюры продольных сил и нормальных напряжений



Контрольные вопросы:

1. Какие силы называются внутренними?
2. В чем сущность метода сечений?
3. Что называется напряжением в данной точке сечения?
4. Единицы измерения напряжения?
5. Какой вид деформации бруса называется центральным растяжением (сжатием)?
6. Чему равна продольная сила в произвольном сечении бруса?
7. Что называется эпюрой продольных сил?
8. Как определить нормальные напряжения в поперечном сечении бруса?
9. Что называется эпюрой нормальных напряжений?
10. Правила построения эпюр продольных сил и нормальных напряжений?

Основные источники (ОИ):

1. Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю., Ермаков Д.Е. Теоретическая механика. Москва. ИНФРА-М
2. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике. Москва. Академия. 2012 г.
3. Методические указания к практическим работам

					08.02.05 1 ОПД 02__00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.2

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Определение удлинения или укорочения бруса при осевом растяжении (сжатии)

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в определении удлинения или укорочения бруса при осевом растяжении (сжатии)

Состав задания:

- определить абсолютную продольную деформацию стального бруса
- определить относительную продольную деформацию бруса

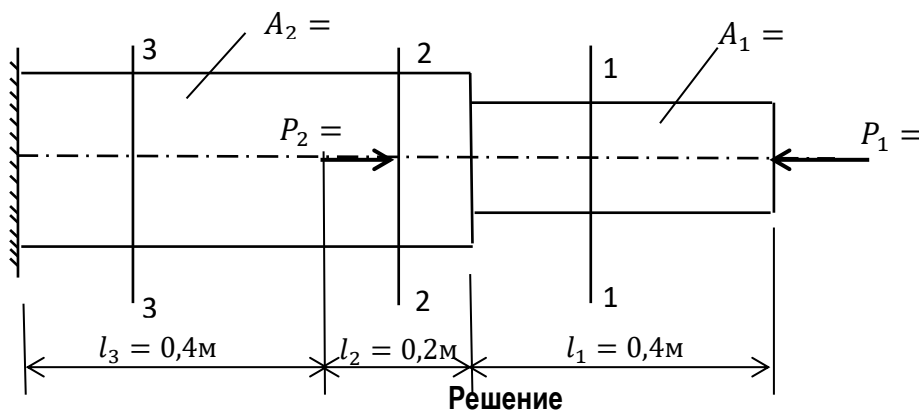
Принять:

- модуль продольной упругости стали $E = 2 \cdot 10^5$ МПа
- исходные данные принять из таблицы вариантов заданий к практической работе № 1.2

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи

Расчетная схема бруса



1. Разбиваем брус на участки в пределах, которых нагрузка и поперечное сечение неизменны.
2. В пределах каждого участка, применяя метод сечений, составляем аналитические выражения изменения продольной силы и находим значения продольных сил в произвольных сечениях

Сечение 1-1 $N_1 =$

Сечение 2-2 $N_2 =$

Сечение 3-3 $N_3 =$

					08.02.05 1 ОПД 02___00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Выполнил					Определение удлинения или укорочения бруса при осевом растяжении (сжатии)	Литера	Лист	Листов
Проверил	Вашкина Г.П.						6	
						Группа _____		

3. Определяем значения нормальных напряжений в указанных сечениях

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \underline{\hspace{5cm}}$$

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \underline{\hspace{5cm}}$$

4. Определяем абсолютную продольную деформацию, используя закон Гука

Вариант 1

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3$$

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{A_1 \cdot E} = \underline{\hspace{5cm}}$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{A_2 \cdot E} = \underline{\hspace{5cm}}$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_3 \cdot l_3}{A_2 \cdot E} = \underline{\hspace{5cm}}$$

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = \underline{\hspace{5cm}}$$

Вариант 2

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = \frac{N_1 \cdot l_1}{A_1 \cdot E} + \frac{N_2 \cdot l_2}{A_2 \cdot E} + \frac{N_3 \cdot l_3}{A_2 \cdot E} =$$

$$= \frac{1}{E} (\sigma_1 \cdot l_1 + \sigma_2 \cdot l_2 + \sigma_3 \cdot l_2) = \underline{\hspace{5cm}}$$

Вывод: _____

5. Определяем относительную продольную деформацию

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\% = \underline{\hspace{5cm}}$$

Контрольные вопросы

1. Что называется абсолютной продольной деформацией?
2. Обозначение абсолютной продольной деформации. Размерность?
3. Что называется относительной продольной деформацией? Размерность?
4. Как формулируется и записывается экспериментальное выражение закона Гука при растяжении (сжатии)?
5. Что называется модулем продольной упругости? Размерность?
6. Как формулируется и записывается математическое выражение закона Гука при растяжении (сжатии)?

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		08.02.05 1 ОПД 02__00 ПЗ			7

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.3

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Проверочный расчет бруса при центральном растяжении (сжатии)

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в проверке прочности бруса, работающего на растяжение (сжатие)

Состав задания:

- выполнить проверку прочности стального ступенчатого бруса
- определить коэффициент недонапряжения или коэффициент перенапряжения для указанных сечений
- сделать вывод о прочности поперечных сечений бруса

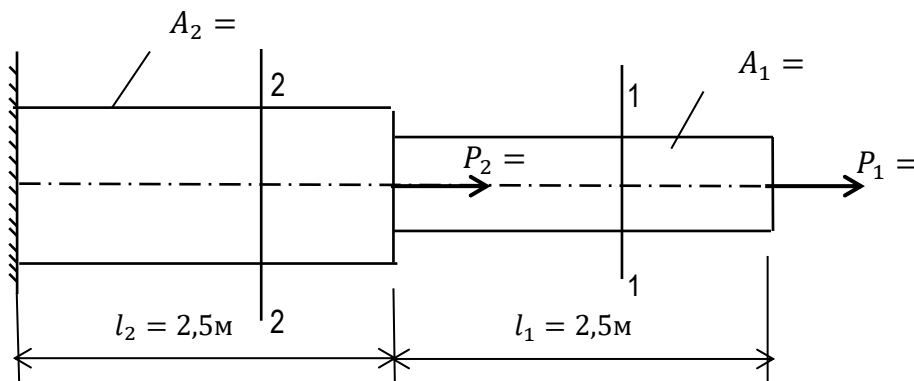
Принять

- расчетное сопротивление стали $R = 230\text{МПа}$
- нагрузку считать расчетной
- коэффициент условий работы $m = 1$
- допускаемый коэффициент недонапряжения $[\delta] = 3\%$
- допускаемый коэффициент перенапряжения $[\delta] = 5\%$

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи

Расчетная схема бруса



Решение

1. Разбиваем брус на участки, в пределах которых нагрузка и поперечное сечение неизменны. Таких участков в нашем случае два.
2. Применяя метод сечений, определяем продольные силы в сечениях бруса

Сечение 1-1 $N_1 =$

Сечение 2-2 $N_2 =$

					08.02.05 1 ОПД 02___00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Выполнил					Проверочный расчет бруса при центральном растяжении (сжатии)	Литера	Лист	Листов
Проверил	Вашкина Г.П.						8	
						Группа_____		

3. Определяем значения нормальных напряжений в указанных сечениях и сравниваем с расчетным сопротивлением материала

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} =$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} =$$

4. Определяем коэффициенты недонапряжения или коэффициент перенапряжения для указанных сечений

$$\delta_1 = \frac{|R - \sigma_1|}{R} \cdot 100\% =$$

$$\delta_2 = \frac{|R - \sigma_2|}{R} \cdot 100\% =$$

5. Делаем вывод о прочности сечений бруса _____

Таблица вариантов заданий к практическим работам 2.3 и 2.4

Вариант	P_1 кН	P_2 кН	A_1 см ²	A_2 см ²	P_n кН	Вариант	P_1 кН	P_2 кН	A_1 см ²	A_2 см ²	P_n кН
1	60	100	6	3	190	16	80	70	10	15	265
2	100	40	8	4	200	17	110	80	8	12	245
3	70	130	10	5	210	18	115	45	8	10	195
4	110	40	10	15	225	19	130	20	12	8	250
5	80	60	8	12	235	20	140	25	14	10	255
6	115	75	9	14	220	21	170	15	15	12	215
7	135	15	13	10	240	22	70	10	5	8	240
8	120	10	10	8	205	23	125	25	8	12	205
9	80	40	11	8	245	24	150	30	10	14	245
10	60	150	5	7	215	25	100	50	12	10	220
11	30	130	3	8	255	26	140	10	15	9	235
12	100	20	6	6	250	27	80	40	14	8	225
13	180	60	25	20	245	28	135	15	8	12	210
14	160	80	20	15	195	29	150	50	10	12	200
15	120	40	15	10	265	30	120	20	9	14	230

Контрольные вопросы

1. Какое состояние называется предельным?
2. Что характеризует расчетное сопротивление материалов и как оно получается?
3. Сформулируйте условие прочности по методу предельных состояний при центральном растяжении (сжатии)

Основные источники (ОИ):

1. Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю., Ермаков Д.Е. Теоретическая механика. Москва. ИНФРА-М
2. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике. Москва. Академия. 2012 г.
3. Методические указания к практическим работам

												Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			08.02.05 1 ОПД 02__00 ПЗ					9

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.4

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Проектировочный расчет при центральном растяжении (сжатии)

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в подборе поперечного сечения стержня, работающего на растяжение (сжатие)

Состав задания:

- из расчета на прочность подобрать поперечные сечения стержней кронштейна для заданной схемы нагружения, состоящих из двух равнополочных уголков

Принять:

- расчетное сопротивление стали $R = 230 \text{ МПа}$

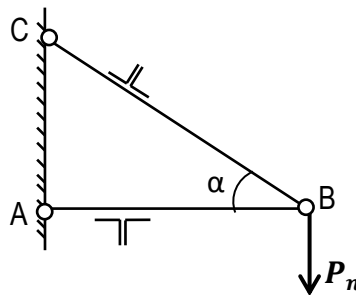
- коэффициент условий работы $m = 1$

- коэффициент перегрузки $n = 1,2$

Исходные данные принять в таблице вариантов к практической работе 2.3

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи



$$P_n =$$

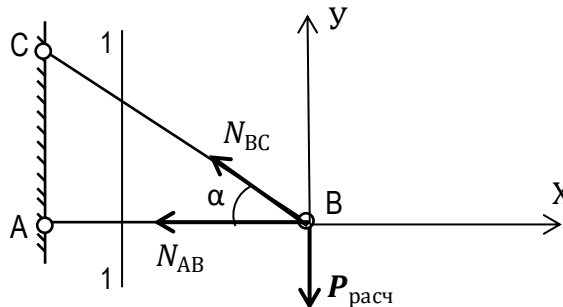
$$\alpha = 45^\circ$$

Решение

1. Определяем расчетную нагрузку

$$P_{\text{расч}} = P_n \cdot n =$$

2. Вырезаем узел «В» (сечение 1-1) и определяем продольные силы в сечениях стержней от расчетной нагрузки, предполагая их растягивающими и направленными от узла:



						08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Литера	Лист	Листов
Выполнил					Проектировочный расчет при центральной растяжении (сжатии)		10	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа _____		

Составляем уравнения равновесия:

$$\Sigma X_i = 0; \quad \underline{\hspace{10em}}$$

$$\Sigma Y_i = 0; \quad \underline{\hspace{10em}}$$

Решаем систему уравнений

$$N_{CB} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$N_{AB} = \underline{\hspace{10em}}$$

3. Из условия прочности по нормальным напряжениям:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A} \leq mR$$

определяем требуемую площадь поперечного сечения стержней (двух уголков):

$$A_{тр} \geq \underline{\hspace{10em}}$$

а) для стержня АВ:

$$A_{AB}^{тр} \geq \underline{\hspace{10em}}$$

а) для стержня СВ:

$$A_{CB}^{тр} \geq \underline{\hspace{10em}}$$

4. Определяем требуемую площадь одного уголка:

$$A_{1AB}^{тр} = \frac{A_{AB}^{тр}}{2} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$A_{1CB}^{тр} = \frac{A_{CB}^{тр}}{2} = \underline{\hspace{10em}}$$

5. По сортаменту прокатной стали (ГОСТ 8609-86. Приложение 1) подбираем требуемый профиль равнополочного уголка и определяем фактическую площадь уголка:

- **для стержня АВ:**

принимаем уголок _____, с фактической площадью $A =$ _____

- **для стержня СВ:**

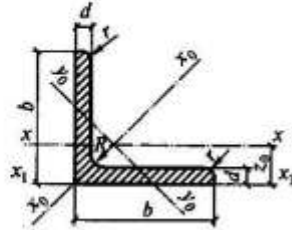
принимаем уголок _____, с фактической площадью $A =$ _____

Основные источники (ОИ):

1. Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю., Ермаков Д.Е. Теоретическая механика. Москва. ИНФРА-М
2. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике. Москва. Академия. 2012 г.
3. Методические указания к практическим работам

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

Таблица 1. Сталь прокатная угловая равнополочная (ГОСТ 8609—86)



Обозначения:
b — ширина полки;
d — толщина полки;
R — радиус внутреннего закругления;
r — радиус закругления полки;
J — момент инерции;
i — радиус инерции;
*z*₀ — расстояние от центра тяжести до полки.

Номер профиля	Размеры, мм				Площадь сечения, см ²	Масса 1 м длины, кг	Справочные величины для осей								
	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>R</i>	<i>r</i>			<i>x—x</i>		<i>x₀—x₀</i>		<i>y₀—y₀</i>		<i>x₁—x₁</i>		<i>z₀</i> , см
							<i>J_x</i> , см ⁴	<i>i_x</i> , см	<i>J_{x₀max}</i> , см ⁴	<i>i_{x₀max}</i> , см	<i>J_{y₀min}</i> , см ⁴	<i>i_{y₀min}</i> , см	<i>J_{x₁}</i> , см ⁴		
4,5	45	3	5	1,7	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21	
		4			3,48	2,73	6,63	1,38	10,50	1,74	2,74	0,89	12,10	1,26	
		5			4,29	3,37	8,03	1,37	12,70	1,72	3,33	0,88	15,30	1,30	
5	50	3	5,5	1,8	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33	
		4			3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38	
		5			4,80	3,77	11,20	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42	
5,6	56	4	6	2	4,38	3,44	13,10	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52	
		5			5,41	4,25	16,00	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57	
6,3	63	4	7	2,3	4,96	3,90	18,90	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69	
		5			6,13	4,81	23,10	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74	
		6			7,28	5,72	27,10	1,93	42,9	2,43	11,20	1,24	50,0	1,78	
7	70	4,5	8	2,7	6,20	4,87	29,00	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88	
		5			6,86	5,38	31,90	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90	
		6			8,15	6,39	37,60	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94	
		7			9,42	7,39	43,00	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99	
7,5	75	5	9	3	7,39	5,80	39,50	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02	
		6			8,78	6,89	46,60	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06	
		7			10,10	7,96	53,30	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10	
		8			11,50	9,02	59,80	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113,0	2,15	
8	80	5,5	9	3	8,63	6,78	52,70	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17	
		6			9,38	7,36	57,00	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102,0	2,19	
		7			10,80	8,51	65,30	2,45	104,0	3,09	27,0	1,58	119,0	2,23	
		8			12,30	9,65	73,40	2,44	116,0	3,08	30,3	1,57	137,0	2,27	
9	90	6	10	3,3	10,60	8,33	82,10	2,78	130,0	3,50	34,0	1,79	145,0	2,43	
		7			12,30	9,64	94,30	2,77	150,0	3,49	38,9	1,78	169,0	2,47	
		8			13,90	10,90	106,00	2,76	168,0	3,48	43,8	1,77	194,0	2,51	
		9			15,60	12,20	118,00	2,75	186,0	3,46	48,6	1,77	219,0	2,55	

Контрольные вопросы

1. Какое состояние называется предельным?
2. Что характеризует расчетное сопротивление материалов и как оно получается?
3. Сформулируйте условие прочности по методу предельных состояний при центральном растяжении (сжатии)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.5

Тема 2.2. Растяжение и сжатие

Расчет эксплуатационной способности стержневой системы при центральном растяжении (сжатии)

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в определении грузоподъемности стержней, работающих на растяжение (сжатие)

Состав задания:

- определить грузоподъемность двух тяг, если они выполнены из стали и имеют круглое поперечное сечение диаметром d

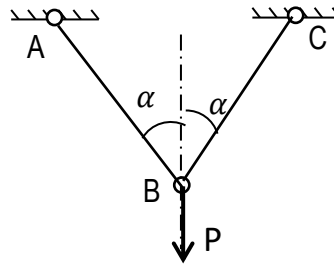
Принять:

- расчетное сопротивление стали $R = 230 \text{ МПа}$
- нагрузку считать расчетной $n = 1$
- коэффициент условий работы принять $m = 1$

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи

Расчетная схема

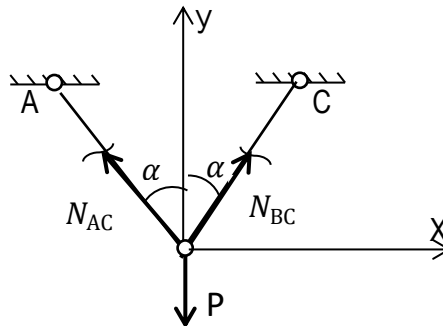


$d =$

$\alpha =$

Решение

1. Рассматриваем равновесие узла «В» (применяем метод сечений). Направление внутренних усилий принимаем растягивающими и направленными от узла «В»



					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет эксплуатационной способности стержневой системы на растяжение (сжатие)	Литера	Лист	Листов
Выполнил							13	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа _____		

2. Применяя метод сечений, записываем суммарное растягивающее усилие в двух тросах в общем виде

Составляем уравнение равновесия:

$$\sum Y_i = 0; \quad \underline{\hspace{10cm}}$$

3. Решаем уравнение относительно искомой величины P

Поскольку подвеска симметрична, то $N_{AB} = N_{CB} = N$, то есть можно записать

$$P = 2N \cdot \cos \alpha$$

4. Из условия прочности при растяжении и сжатии:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A} \leq mR$$

выражаем несущую способность одного троса

$$N \leq \underline{\hspace{10cm}}$$

5. Определяем площадь сечения одного троса

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \underline{\hspace{10cm}}$$

6. Один трос может выдержать усилие:

$$N = mRA = \underline{\hspace{10cm}}$$

7. Определяем грузоподъемность двух тросов:

$$P = 2N \cdot \cos \alpha = \underline{\hspace{10cm}}$$

Вывод:

Таблица вариантов заданий

Вариант	d, см	α, град.	Вариант	d, см	α, град.
1	2,1	30	16	2,0	34
2	2,0	32	17	2,2	38
3	1,8	36	18	2,8	30
4	2,4	42	19	2,5	40
5	2,2	34	20	1,9	36
6	2,5	44	21	2,6	42
7	1,9	42	22	3,0	34
8	2,6	32	23	1,7	36
9	3,2	46	24	2,4	34
10	1,7	45	25	2,3	30
11	3,1	34	26	2,7	40
12	2,7	33	27	3,2	38
13	2,3	35	28	1,8	34
14	3,0	40	29	2,0	38
15	2,4	38	30	2,9	42

Контрольные вопросы:

1. Какая величина является прочностной характеристикой строительного материала?
2. Какая нагрузка называется расчетной? Как она получается?
2. Запишите условие прочности при центральном растяжении (сжатии) по методу предельных состояний.
3. Какие коэффициенты применяются при расчете по методу предельных состояний и что они учитывают?
4. Чему равен коэффициент условий работы при нормальных условиях эксплуатации конструкций?
5. Какие типы задач при расчете на прочность решают из условия прочности?
6. Запишите расчетное уравнение при проверочном расчете. Объясните значения входящих величин.
7. Запишите расчетное уравнение при проектировочном расчете. Объясните значения входящих величин.
8. Запишите расчетное уравнение эксплуатационной способности. Объясните значения входящих величин.

Основные источники (ОИ):

1. Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю., Ермаков Д.Е. Теоретическая механика. Москва. ИНФРА-М
2. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике. Москва. Академия. 2012 г.
3. Методические указания к практическим работам

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.6

Тема 2.3. Практические расчеты на срез и смятие Расчет на прочность заклепочного соединения

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в расчете на прочность заклепочного соединения

Состав задания:

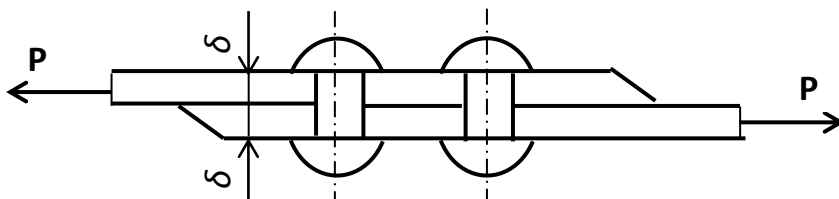
- определить необходимое число заклепок диаметром d для соединения двух стальных листов при ширине b и толщине δ
- проверить прочность соединения листов в ослабленном сечении

Принять:

- расчетное сопротивление соединяемых листов $R = 230$ МПа
- расчетное сопротивление заклепок срезу $R_{ср} = 130$ МПа
- расчетное сопротивление заклепок смятию $R_{см} = 275$ МПа
- заданную нагрузку считать расчетной

Исходные данные:

Расчетная схема:



$P =$

$b =$

$\delta =$

$d =$

Решение

1. Из условия прочности на срез:

$$\frac{Q_{срез}}{n \frac{\pi d^2}{4}} \leq R_{срез}$$

определяем необходимое количество заклепок:

$$n \geq \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} R_{срез}} =$$

					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Расчет на прочность заклепочного соединения	Литера	Лист	Листов
Выполнил							16	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа _____		

2. Из условия прочности на смятие:

$$\frac{N_{\text{см}}}{nd\delta} \leq R_{\text{см}}$$

определяем необходимое количество заклепок:

$$n \geq \frac{P}{d\delta R_{\text{см}}} =$$

Принимаем требуемое количество заклепок _____

3. Проверяем прочность соединения листов в ослабленном сечении:

- площадь ослабленного сечения:

$$A_{\text{нт}} = b\delta - nd\delta =$$

- Выполняем проверку прочности сечения:

$$\sigma = \frac{P}{A_{\text{нт}}} \leq R$$

$$\sigma = \frac{P}{A_{\text{нт}}} =$$

Вывод: _____

Таблица вариантов заданий

Вариант	<i>b</i>	<i>δ</i>	<i>d</i>	<i>P</i>	Вариант	<i>b</i>	<i>δ</i>	<i>d</i>	<i>P</i>
	мм	мм	мм	кН		мм	мм	мм	кН
1	180	14	20	210	16	220	12	19	225
2	200	12	22	220	17	220	8	22	240
3	220	10	23	215	18	180	10	17	215
4	240	8	19	180	19	200	12	20	230
5	240	10	17	190	20	220	14	24	250
6	220	8	18	200	21	215	12	22	195
7	200	14	22	210	22	200	10	19	225
8	180	12	17	180	23	240	14	22	210
9	200	10	22	200	24	220	12	21	230
10	220	14	20	230	25	210	12	17	190
11	240	12	23	240	26	200	10	19	215
12	230	13	19	235	27	200	14	20	220
13	230	10	17	210	28	210	8	22	230
14	220	14	20	240	29	220	10	19	225
15	210	10	18	215	30	240	12	23	250

Основные источники (ОИ):

3. Методические указания к практическим работам

					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.7

Тема 2.4. Геометрические характеристики плоских сечений

Определение главных центральных моментов инерции сечения геометрической формы, имеющего ось симметрии

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в определении главных центральных моментов инерции сечения геометрической формы, имеющего ось симметрии

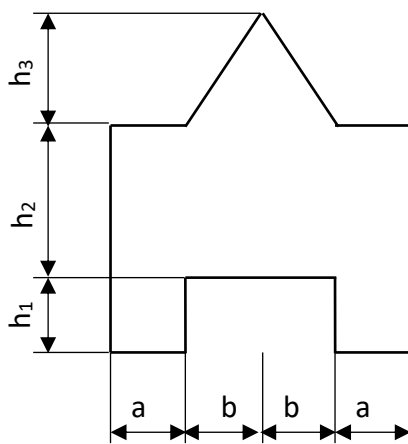
Состав задания:

- определить главные центральные моменты инерции сечения геометрической формы, имеющего ось симметрии

1. Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи
5. Оформить выполненное задание

Исходные данные:



Решение

1. Определяем положение центра тяжести сечения

- 1) Чертим заданное геометрическое сечение в масштабе
- 2) Проводим вспомогательные оси: ось U проводим по оси симметрии, ось X - по нижней грани сечения
- 3) Разбиваем заданное сечение на простые геометрические сечения:

Прямоугольник с центром тяжести C_1

Прямоугольник с центром тяжести C_2

Треугольник с центром тяжести C_3

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Литера	Лист	Листов
Выполнил					Определение главных центральных моментов инерции сечения геометрической формы		18	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа_____		

4) Определяем площади простых геометрических сечений

$$A_1 =$$

$$A_2 =$$

$$A_3 =$$

Общая площадь:

$$A = (A_1 + A_2 + A_3) = \underline{\hspace{10em}}$$

5) Находим координаты центра тяжести простых геометрических сечений
в выбранной системе координат

$$X_{C1} =$$

$$Y_{C1} =$$

$$X_{C2} =$$

$$Y_{C2} =$$

$$X_{C3} =$$

$$Y_{C3} =$$

6) Определяем центр тяжести заданного сечения

$$X_C = 0;$$

$$Y_C = \underline{\hspace{15em}}$$

7) Наносим на заданное сечение центр тяжести «С» с координатами ()

2. Наносим на заданное сечение центр тяжести С и проводим главные центральные оси сечения X_C и Y_C

3. Вычисляем главный центральный момент инерции сечения относительно оси X_C

$$J_{x_c} = \sum_{i=1}^n (J_{x_{c_i}} + a_i^2 \cdot A_i) = (J_{x_{c_1}} + a_1^2 \cdot A_1) + (J_{x_{c_2}} + a_2^2 \cdot A_2) + (J_{x_{c_3}} + a_3^2 \cdot A_3)$$

$$J_{x_{c_1}} = \frac{b \cdot h^3}{12} =$$

$$J_{x_{c_2}} = - \frac{b \cdot h^3}{12} =$$

$$J_{x_{c_3}} = \frac{b \cdot h^3}{36} =$$

$$a_1 = Y_{C_1} - Y_C =$$

$$a_1 = Y_{C_2} - Y_C =$$

$$a_1 = Y_{C_3} - Y_C =$$

					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Сечение геометрической формы

$$J_{x_c} = \underline{\hspace{20em}}$$
$$\underline{\hspace{20em}}$$

3. Вычисляем главный осевой момент инерции сечения J_{y_c}

Так как ось U_C совпадает с осью симметрии сечения, то выражение будет иметь вид:

$$J_{y_c} = J_{y_{c1}} + J_{y_{c2}} + J_{y_{c3}}$$

					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$J_{yc_1} = \frac{h \cdot b^3}{12} =$$

$$J_{yc_2} = -\frac{h \cdot b^3}{12} =$$

$$J_{yc_3} = \frac{h \cdot b^3}{36} =$$

$$J_{yc} = \underline{\hspace{15em}}$$

Таблица вариантов заданий

Вариант	a, см	b, см	h ₁ , см	h ₂ , см	h ₃ , см	Вариант	a, м	b, м	h ₁ , см	h ₂ , см	h ₃ , см
1	2,8	1,5	1	8	3	16	3,0	1,5	2,0	6,2	3
2	3,3	1,2	1,2	6,3	4,5	17	2,8	1,2	1,4	5,1	4,5
3	2,7	1,8	1,4	1,5	6	18	2,6	1,8	1,5	3,5	6
4	2,4	2,1	1,5	7,5	3	19	2,4	2,1	1,6	6,4	3
5	2,1	2,4	1,6	5,9	4,5	20	2,0	2,4	1	5,5	4,5
6	1,8	2,7	1,7	4,3	6	21	1,7	2,7	1,2	3,8	6
7	1,5	3,0	1,8	7,2	3	22	1,6	3,0	1,4	6,6	3
8	1,6	3,0	2,0	5,5	4,5	23	1,4	3,0	1,5	5,0	4,5
9	1,9	2,7	1,4	4,6	6	24	1,9	2,7	1,6	3,4	6
10	2,0	2,4	1,5	7,8	2,7	25	1,8	2,4	1,7	6,6	2,7
11	2,2	2,1	1,6	4,9	4,5	26	2,0	2,1	1,3	5,2	4,5
12	2,5	1,8	1,7	7,3	3	27	2,5	1,8	1,7	6,3	3
13	2,4	1,5	1	5,0	6	28	2,7	1,5	1,8	3,2	6
14	3,5	1,2	1,2	6,3	4,5	29	3,2	1,2	2,0	4,5	4,5
15	2,3	2,1	2,4	7,9	2,7	30	1,9	2,1	1,4	6,9	2,7

Контрольные вопросы:

1. Что называется осевым моментом инерции? Единицы измерения
2. Какая ось называется центральной?
3. Какие моменты инерции называются главными центральными моментами инерции?
4. Какова зависимость между моментами инерции относительно двух параллельных осей, из которых одна центральная?

Основные источники:

Методические указания к практическим работам

Положение центра тяжести и осевые моменты инерции простых геометрических сечений

Фигура	Площадь, A	Абсциссы центра тяжести		Ординаты центра тяжести		Момент инерции относительно оси X_c J_x	Момент инерции относительно оси Y_c J_y
		X_1	X_2	Y_1	Y_2		
	$\frac{b \cdot h}{2}$	$\frac{b}{3}$	$\frac{2 \cdot b}{3}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{2 \cdot h}{3}$	$\frac{b \cdot h^3}{36}$	$\frac{h \cdot b^3}{36}$
	$b \cdot h$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h}{2}$	$\frac{b \cdot h^3}{12}$	$\frac{h \cdot b^3}{12}$
	$\frac{b \cdot h}{2}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{2 \cdot h}{3}$	$\frac{b \cdot h^3}{36}$	$\frac{h \cdot b^3}{48}$
	$\pi \cdot R^2$	$\frac{d}{2}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{\pi \cdot d^4}{64}$	$\frac{\pi \cdot d^4}{64}$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.8

Тема 2.4. Геометрические характеристики плоских сечений

Определение главных центральных моментов инерции сечения составленного из прокатных профилей, имеющего ось симметрии

Цель: - приобрести необходимые практические навыки и умения в определении главных центральных моментов инерции сечения составленного из прокатных профилей, имеющего ось симметрии

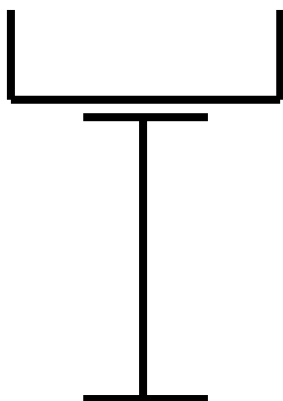
Состав задания:

- определить главные центральные моменты инерции сечения составленного из прокатных профилей, имеющего ось симметрии

1. Порядок выполнения

1. Ознакомиться с составом задания
2. Выбрать исходные данные по таблице вариантов
3. Ознакомиться с методикой решения задачи
4. Выполнить аналитическое решение задачи
5. Оформить выполненное задание

Исходные данные:



Двутавр №

Швеллер №

Решение

1. Определяем положение центра тяжести сечения

- 1) Чертим заданное сечение в масштабе
- 2) Проводим вспомогательные оси: ось Y проводим по оси симметрии, ось X - по нижней грани сечения
- 3) Разбиваем заданное сечение на простые сечения:
 1. Двутавр с центром тяжести C_1
 2. Швеллер с центром тяжести C_2

					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Выполнил					Литера	Лист	Листов
Проверил	Вашкина Г.П.					23	
					Определение главных центральных моментов инерции сечения из прокатных профилей		
					Группа _____		

Сечение, составленное из прокатных профилей

4. Выписываем из сортамента прокатной стали площади сечений и расстояние от наружной грани стенки до центра тяжести швеллера

$$A_1 =$$

$$A_2 =$$

$$Z_0^{\text{шв}} =$$

Общая площадь: $A = A_1 + A_2 =$ _____

- 5) Находим координаты центра тяжести простых сечений в выбранной системе координат

$$X_{C1} = 0$$

$$X_{C2} = 0$$

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$Y_{C1} = \frac{h^{ДВ}}{2} =$$

$$Y_{C2} = h^{ДВ} + z_0^{ШВ} =$$

6) Определяем центр тяжести заданного сечения

$$X_C = 0;$$

$$Y_C = \frac{\sum S_{x_i}}{\sum A_i} = \frac{A_1 \cdot Y_{C1} + A_2 \cdot Y_{C2}}{A} =$$

7) Наносим на заданное сечение центр тяжести «С», с координатами ()

2. Наносим на заданное сечение центр тяжести С и проводим главные центральные оси сечения X_C и Y_C

3. Вычисляем главный центральный момент инерции сечения относительно оси X_C

$$J_{x_c} = (J_{x_{c1}} + a_1^2 \cdot A_1) + (J_{x_{c2}} + a_2^2 \cdot A_2)$$

Выписываем из сортамента прокатной стали :

$$J_{x_{c1}} = \qquad A_1 =$$

$$J_{x_{c2}} = \qquad A_2 =$$

Определяем расстояние между осями:

$$a_1 = Y_{C1} - Y_C =$$

$$a_2 = Y_{C2} - Y_C =$$

$$J_{x_c} = \underline{\hspace{20cm}}$$

3. Вычисляем главный центральный момент инерции сечения относительно оси Y_C

Так как ось Y_C совпадает с осью симметрии сечения, то выражение будет иметь вид:

$$J_{y_c} = J_{y_{c1}} + J_{y_{c2}} = \underline{\hspace{20cm}}$$

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

Таблица вариантов заданий

Вариант	Схема	Прокат		Вариант	Схема	Прокат	
		Двутавр №	Швеллер №			Двутавр №	Швеллер №
1	1	14	16	16	1	36	33
2	2	16	18	17	2	33	30
3	3	18	20	18	3	30	27
4	1	16	18	19	1	27	24
5	2	18	20	20	2	24	22
6	3	20	22	21	3	22	20
7	1	18	20	22	1	24	22
8	2	20	22	23	2	22	20
9	3	22	24	24	3	20	18
10	1	20	22	25	1	22	20
11	2	22	24	26	2	20	18
12	3	24	27	27	3	18	16
13	1	27	30	28	1	20	18
14	2	30	33	29	2	18	16
15	3	33	36	30	3	16	14

Контрольные вопросы:

1. Что называется осевым моментом инерции? Единицы измерения
2. Какая ось называется центральной?
3. Какие моменты инерции называются главными центральными моментами инерции?
4. Какова зависимость между моментами инерции относительно двух параллельных осей, из которых одна центральная?

Основные источники (ОИ):

3. Методические указания к практическим работам

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.9

Тема 2.6. Изгиб

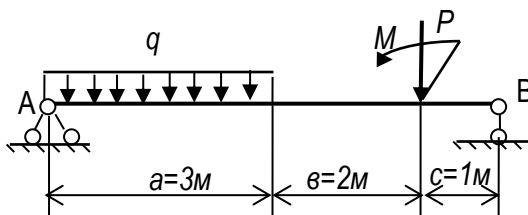
Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в простой балке

Цель: - приобрести практические навыки и умения в построении эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при прямом изгибе в простой балке

Состав задания:

- построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов для заданной схемы загрузки простой балки

Расчетная схема простой балки:



Решение

1. Чертим расчетную схему в масштабе

2. Определяем опорные реакции балки

- мысленно освобождаем балку от связей, а их действие заменяем реакциями V_A и V_B
- составляем уравнения равновесия для системы произвольно расположенных сил и находим значения реакций опор

$\Sigma M_A = 0;$ _____

$V_B =$ _____

$\Sigma M_B = 0;$ _____

$V_A =$ _____

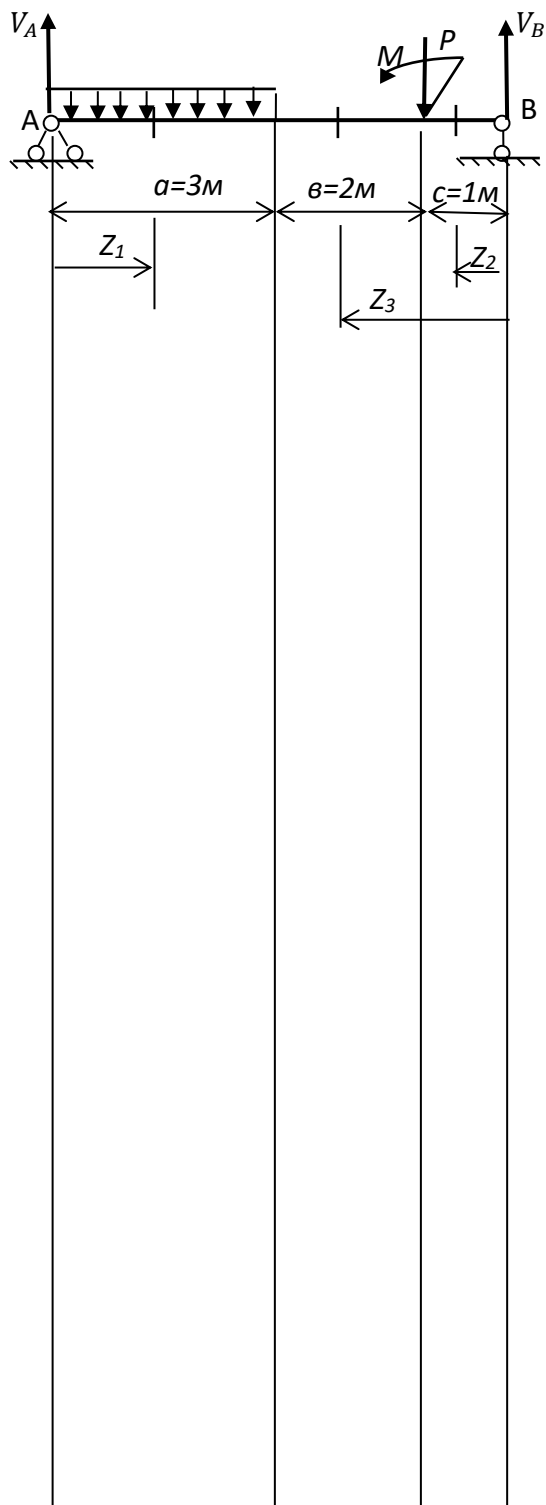
Проверка правильности определения реакций опор

$\Sigma Y = 0;$ _____

Вывод: _____

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Литера	Лист	Листов
Выполнил					Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов		27	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа_____		

Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ

Лист

28

3. Построение эпюр поперечных сил Q_y и изгибающих моментов M_x

Разбиваем брус на участки, в пределах которых нагрузки неизменны. В пределах каждого участка, применяя метод сечений, в произвольных сечениях записываем выражения поперечных сил и изгибающих моментов

$$Q_y(Z_1) = \underline{\hspace{10cm}}$$
$$0 \leq Z_1 \leq 3$$

$$Z_1 = 0; \quad Q_y = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Z_1 = 3\text{м}; \quad Q_y = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Q_y(Z_2) = \underline{\hspace{10cm}}$$
$$0 \leq Z_2 \leq 1$$

$$Q_y(Z_3) = \underline{\hspace{10cm}}$$
$$1 \leq Z_3 \leq 3$$

По найденным значениям строим эпюру Q_y

$$M_x(Z_1) = \underline{\hspace{10cm}}$$
$$0 \leq Z_1 \leq 3$$

$$Z_1 = 0; \quad M_x = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Z_1 = 3\text{м}; \quad M_x = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$M_x(Z_2) = V_B \cdot Z_2$$
$$0 \leq Z_2 \leq 1$$

$$Z_2 = 0; \quad M_x = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Z_2 = 1\text{м}; \quad M_x = \underline{\hspace{10cm}}$$

Определяем M_{max} на участке Z_2

$$V_A - q \cdot X_0 = 0$$

$$X_0 = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$M_{max} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$M_x(Z_3) =$$

$$1 \leq Z_3 \leq 3$$

$$Z_3 = 1\text{ м}; \quad M_x = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$Z_3 = 3\text{ м}; \quad M_x = \underline{\hspace{10cm}}$$

По найденным значениям строим эпюру изгибающих моментов

Таблица вариантов заданий

<i>Вариант</i>	<i>P,</i> кН	<i>q,</i> кН/м	<i>M,</i> кН·м	<i>Вариант</i>	<i>P,</i> кН	<i>q,</i> кН/м	<i>M,</i> кН·м
1	22	4	10	16	25	2	12
2	18	6	12	17	21	4	10
3	34	8	14	18	16	4	16
4	30	2	16	19	33	6	18
5	28	6	18	20	44	8	14
6	24	8	20	21	12	4	20
7	40	4	22	22	17	2	10
8	32	2	20	23	23	2	16
9	26	2	18	24	18	4	14
10	14	4	16	25	10	8	18
11	15	6	14	26	11	6	12
12	27	4	12	27	19	4	22
13	20	8	20	28	36	2	10
14	17	2	22	29	26	2	12
15	35	2	10	30	24	4	16

Контрольные вопросы:

1. Какой изгиб называется поперечным?
2. Чему равна поперечная сила в сечении бруса? Правило знаков.
3. Чему равен изгибающий момент в сечении бруса? Правило знаков.
4. Что такое эпюра поперечных сил и изгибающих моментов?

Основные источники (ОИ):

3. Методические указания к практическим работам

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.10

Тема 2.6. Изгиб

Проектировочный расчет при изгибе на прочность

Цель: - приобрести практические навыки и умения в подборе поперечного сечения простой балки, работающей на изгиб

Состав задания:

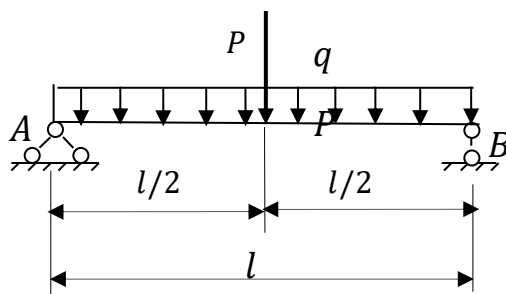
- построить эпюру изгибающих моментов применив принцип независимости действия сил
- из условия прочности по нормальным напряжениям подобрать сечение стальной двутавровой балки

Принять:

Материал балки сталь с расчетным сопротивлением $R = 230 \text{ МПа}$

Нагрузку считать расчетной, условия эксплуатации нормальные ($m = 1$)

Расчетная схема:



Решение

1. Строим эпюру изгибающих моментов, применяя принцип независимости действия сил и табличный вариант определения максимального значения изгибающего момента

$$M_{max} = \frac{Pl}{4} + \frac{ql^2}{8} =$$

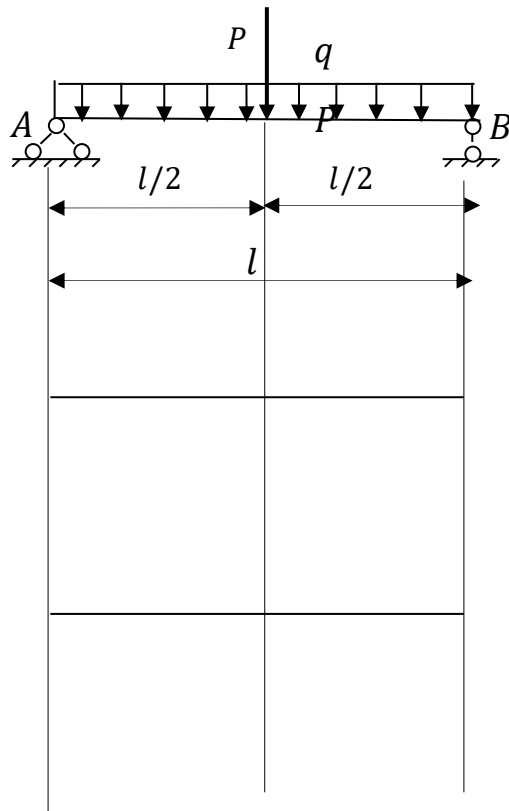
2. Выполняем проектировочный расчет балки.

Условие прочности имеет вид: _____

Из условия прочности определяем требуемый осевой момент сопротивления

					08.02.05 1 ОПД 02 ____ 00 ПЗ		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Выполнил					Литера	Лист	Листов
Проверил	Вашкина Г.П.					31	
					Проектировочный расчет при изгибе на прочность		
					Группа _____		

Эпюра изгибающих моментов



По сортаменту прокатной стали (ГОСТ _____) принимаем двутавр № _____

с осевым моментом сопротивления $W_x =$ _____

Таблица вариантов заданий

<i>Вариант</i>	<i>P, кН</i>	<i>q, кН/м</i>	<i>M, кН·м</i>	<i>l, м</i>	<i>Вариант</i>	<i>P, кН</i>	<i>q, кН/м</i>	<i>M, кН·м</i>	<i>l, м</i>
1	22	4	10	6	16	25	2	12	6
2	18	6	12	6	17	21	4	10	6
3	34	8	14	6	18	16	4	16	6
4	30	2	16	6	19	33	6	18	6
5	28	6	18	6	20	44	8	14	6
6	24	8	20	6	21	12	4	20	6
7	40	4	22	6	22	17	2	10	6
8	32	2	20	6	23	23	2	16	6
9	26	2	18	6	24	18	4	14	6
10	14	4	16	6	25	10	8	18	6
11	15	6	14	6	26	11	6	12	6
12	27	4	12	6	27	19	4	22	6
13	20	8	20	6	28	36	2	10	6
14	17	2	22	6	29	26	2	12	6
15	35	2	10	6	30	24	4	16	6

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.11

Тема 2.6. Изгиб

Расчет балок на жесткость

Цель: - приобрести практические навыки и умения в проверке жесткости балки, работающей на изгиб

Состав задания:

- проверить жесткость двутавровой консольной балки, работающей на изгиб

Принять:

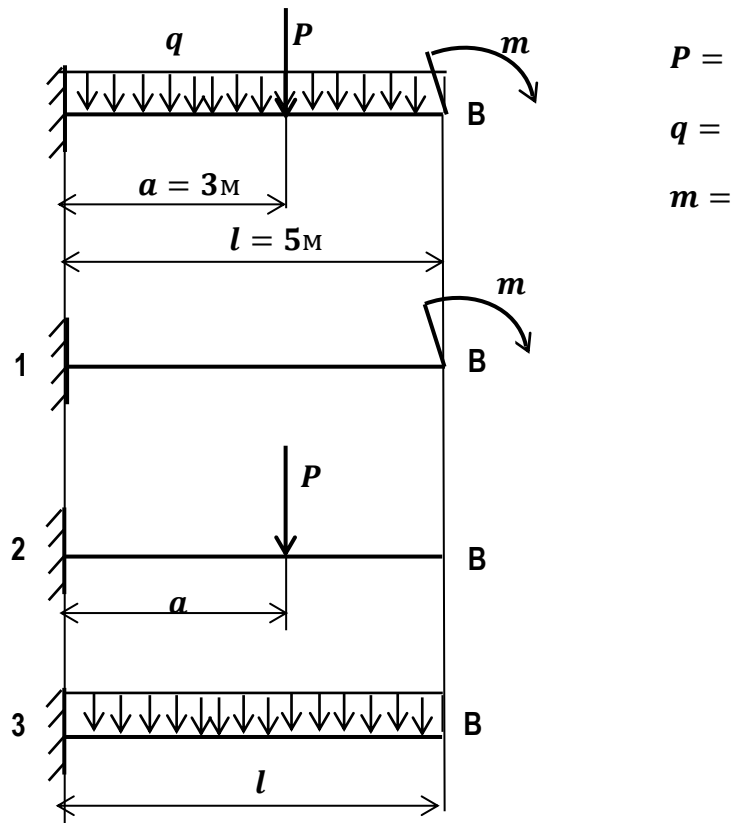
- сечение балки – двутавр №45

- материал балки сталь, модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа

- допускаемый прогиб:

$$[f] = \frac{1}{200} l$$

Расчетная схема:



Решение

1. Условие жесткости выражается неравенством:

$$f \leq [f]$$

					08.02.05 1 ОПД 02____00 ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Выполнил					Расчет балок на жесткость			Литера	Лист	Листов
Проверил								33		
					Группа _____					

1. Определяем допускаемый прогиб балки:

$$[f] = \frac{1}{200} l = \underline{\hspace{10em}}$$

2. Для определения максимального прогиба балки применяем принцип независимости сил. Рассчитываем прогиб балки в точке от каждого вида нагружения отдельно по формулам, приведенным в таблице и затем определяем суммарный прогиб

$$f_{\Sigma} = f_{1B} + f_{2B} + f_{3B}$$

3. Выписываем из сортамента прокатной стали для двутавра №45 (ГОСТ _____) осевой момент инерции $J_X =$

$$f_{1B} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$f_{1B} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$f_{1B} = \underline{\hspace{10em}}$$

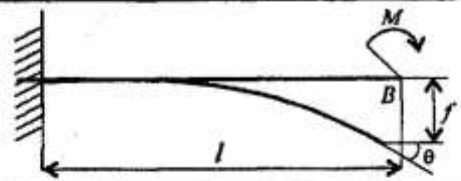
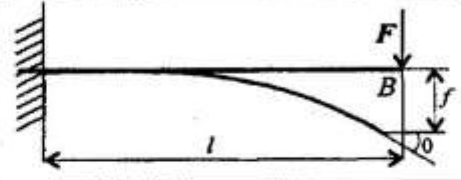
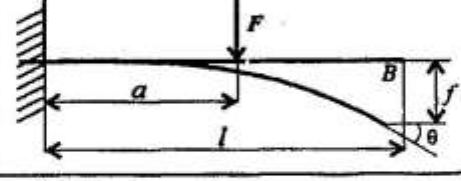
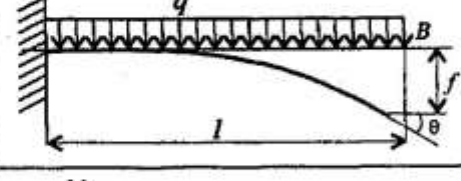
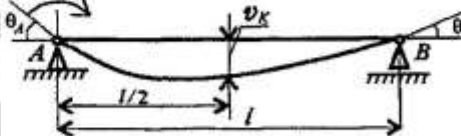
$$f_{\Sigma} = \underline{\hspace{10em}}$$

Вывод: _____

Таблица вариантов заданий

Вариант	P, кН	q, кН/м	M, кН·м	Вариант	P, кН	q, кН/м	M, кН·м
1	22	4	10	16	25	2	12
2	18	6	12	17	21	4	10
3	34	5	14	18	16	4	16
4	30	2	16	19	33	6	18
5	28	6	18	20	44	5	14
6	24	5	20	21	12	4	20
7	40	4	22	22	17	2	10
8	32	2	20	23	23	2	16
9	26	2	18	24	18	4	14
10	14	4	16	25	10	5	18
11	15	6	14	26	11	6	12
12	27	4	12	27	19	4	22
13	20	8	20	28	36	2	10
14	17	2	22	29	26	2	12
15	35	2	10	30	24	4	16

Формулы для определения прогибов и углов поворота сечений балок

Схема нагружения балки	Максимальный прогиб f и прогиб v_K в сечении K	Угол поворота θ указанного сечения
	$f = \frac{Ml^2}{2EJ_x}$	$\theta_B = \frac{Ml}{EJ_x}$
	$f = \frac{Fl^3}{3EJ_x}$	$\theta_B = \frac{Fl^2}{2EJ_x}$
	$f = \frac{Fa^2}{2EJ_x} \left(l - \frac{a}{3} \right)$	$\theta_B = \frac{Fa^2}{2EJ_x}$
	$f = \frac{ql^4}{8EJ_x}$	$\theta_B = \frac{ql^3}{6EJ_x}$
	$v_K = \frac{Ml^2}{16EJ_x}$	$\theta_A = \frac{Ml}{3EJ_x}$ $\theta_B = \frac{Ml}{6EJ_x}$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2.12

Тема. Устойчивость сжатых стержней

Проверочный расчет центрально сжатого стержня на прочность и устойчивость

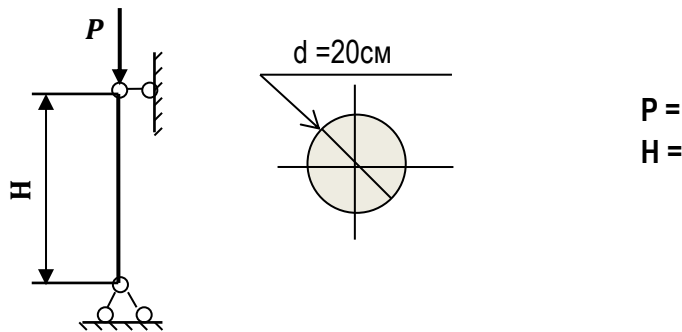
Цель: - приобрести практические навыки и умения в проверке прочности и устойчивости центрально сжатого стержня

Состав задания: Проверить прочность и устойчивость деревянной стойки для заданной схемы нагружения

Принять:

Расчетное сопротивление древесины осевому сжатию $R = 16 \text{ МПа}$.
Условия эксплуатации нормальные

Расчетная схема:



Решение:

1. Проверка прочности

- условие прочности при центральном сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq mR$$

- определяем продольную силу в сечении стойки:

$$N = \underline{\hspace{2cm}}$$

- определяем площадь поперечного сечения

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- выполняем проверку прочности:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Вывод:

					08.02.05 1 ОПД 02__00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Определение направлений реакций основных типов связей	Литера	Лист	Листов
Выполнил							36	
Проверил	Вашкина Г.П.					Группа _____		

2. Проверка устойчивости

- определяем минимальный радиус инерции сечения стойки:

$$i_{min} = i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} =$$

- определяем гибкость стойки:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot H}{i_{min}} =$$

- определяем коэффициент продольного изгиба по таблице:

$$\varphi =$$

- определяем нормальное напряжение при продольном изгибе:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} =$$

Вывод:

Значения коэффициента φ в зависимости от гибкости λ

Гибкость λ	Коэффициент φ			Гибкость λ	Коэффициент φ		
	Сталь	Чугун	Дерево		Сталь	Чугун	Дерево
40	0,906	0,69	0,87	120	0,479	-	0,22
60	0,827	0,44	0,71	130	0,425	-	0,18
80	0,734	0,26	0,48	140	0,376	-	0,16
90	0,665	0,20	0,38	150	0,328	-	0,14
100	0,599	0,16	0,31	160	0,290	-	0,12
110	0,537	0,10	0,25	170	0,259	-	0,11

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность явления продольного изгиба?
2. Что называется коэффициентом приведения стержня? Каковы значения коэффициента для основных случаев закрепления стоек?
3. Что такое гибкость стержня?
4. Условие устойчивости центрально сжатого стержня?

					08.02.05 1 ОПД 02__00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица вариантов заданий

Вариант	P, кН	H, м	Вариант	P, кН	H, м	Вариант	P, кН	H, м
1	52	4	11	45	7	21	50	6
2	48	6	12	51	6	22	46	5
3	44	5	13	46	6	23	48	7
4	40	6	14	53	5	24	53	7
5	45	5	15	44	4	25	45	6
6	34	7	16	42	4	26	43	6
7	40	6	17	47	6	27	50	5
8	50	5	18	52	6	28	52	7
9	46	4	19	48	5	29	46	8
10	54	6	20	50	8	30	50	6

Основные источники (ОИ):

Литература

1. Вереина Л.И. Техническая механика. – М.: Academia, 2018. – 176 с.
2. Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю. Ермаков Д.А. Техническая механика. – М.: ИНФА-М, 2017. – 400 с.
3. Сербин Е.П. Техническая механика. – М.: ВООК.ru, 2020. – 398 с.
4. Сетков В.И. Техническая механика для строительных специальностей. – М.: Академия, 2014. – 372 с.
5. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике. – М.: Академия, 2014. – 372 с.
6. Эрдеди А.А. Техническая механика. – М.: Академия, 2018. – 112 с.

Заключение

При изучении общепрофессиональных дисциплин практические занятия занимают преимущественное место. Практическое занятие – это активная форма организации учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и предполагающая выполнение студентами по заданию и под руководством преподавателя практических работ.

Сущность практической работы студентов, как специфической педагогической конструкции, определяется особенностями поставленных в ней учебно-познавательных задач. Следовательно, практическая работа есть особая система условий обучения, организуемых преподавателем.

При выдаче заданий к практической работе, проводится инструктаж по выполнению заданий, который включает цель задания, его содержание, объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценок. В процессе инструктажа обращается внимание на возможные типичные ошибки, встречающиеся при выполнении задания.

Эффективность всей самостоятельной работы студентом во многом определяется уровнем самоконтроля. Основные объекты самоконтроля студентов в системе их труда.

Рецензия

на методическую разработку по теме: Рабочая тетрадь для практических работ по дисциплине "Техническая механика" для освоения умений при аудиторной и дистанционной форме обучения.

Автор: Вашкина Галина Павловна, преподаватель технической механики.


Целью методической разработки является разработка комплекса практических заданий студентов специальности 08.02.05. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов в условиях ОГБПОУ "Ряжский колледж имени Героя Советского Союза А.М. Серебрякова".

Работа автора выполнена в текстовом формате, объеме 42-х страниц и включает следующие базовые разделы: аннотация, введение, перечень практических работ, заключение.

Достоинствами данной работы являются следующие моменты:

1. Определена методологическая база работы: контингент, предмет, вид работы
2. Перечень предложенных практических заданий достаточно велик (12 объемных заданий) полностью отображает основную содержательную базу курса.
3. Заслугой автора является разработка единой целостной структуры практических работ, включающая целый ряд базовых пунктов: цель, состав задания, порядок выполнения, основные положения, методику решения, пример расчета, многовариантные исходные данные, основные источники, контрольные вопросы
4. Практические задания отличаются разнообразными тематическими направлениями заявленного курса
5. Похвален момент использования рабочей тетради для дистанционной формы обучения
6. Работа включает богатый графико-иллюстративный материал: чертежи, схемы, рисунки, базовые формулы, сопроводительные надписи и т.д. Методика решения задач крайне разнообразна, представлена большая расчетно-вычислительная база при выполнении практических заданий. Существенных недостатков в работе не выявлено.

Представленная работа имеет практическую значимость и может быть рекомендована к изучению педагогами СПО технического направления.

Зав. очным отделением
ОГБПОУ «Ряжский колледж»
 (Попова Н.В.)