Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по учебной дисциплине

**«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

по специальности 08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции (ФГОС 2018г.)

Челябинск, 2022

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методические рекомендации по выполнению практических работ составлены в соответствии с программой учебной дисциплины | ОДОБРЕНО  Предметной (цикловой)  комиссией  протокол № \_\_\_\_\_\_  от «\_\_»\_\_\_\_\_\_\_2022\_ г.  Председатель ПЦК \_\_\_\_\_\_\_Л.В.Юсупова | УТВЕРЖДАЮ  Зам. директора по УМР  \_\_\_\_\_Т.Ю. Крашакова  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_2022\_\_ г. |

## Составитель Старова Н.М., преподаватель Южно-Уральского государственного технического колледжа.

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Техническая механика» являются частью программы подготовки специалистов среднего звена специальности по специальности 08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции (ФГОС 2018г.)

Практические занятия являются важным элементом учебной дисциплины. В процессе выполнения практических работ, обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Программой дисциплины предусматривается выполнение 4 практических работ направленных ***на формирование элементов следующих компетенций*:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Код  ПК, ОК, ЛР | Умения | Знания |
| ОК 1,  ОК 2,  ОК 4,  ОК 10  ПК 1.1,  ПК 1.4  ЛР 4,  ЛР 6,  ЛР10. | * выполнять расчеты на прочность; * определять кинематические параметры движущихся тел; * определять условия равновесия системы сил. | * основы технической механики; * виды деформации и основные расчеты на жесткость, прочность и устойчивость;   − основные уравнения равновесия системы сил;  − кинематические параметры движущихся тел;  − о механических передачах, подшипниках, валах и осях, соединениях деталей машин. |

Описание каждой практической работы содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания, умения и элементы компетенций, описание алгоритма выполнения работы и контрольные вопросы (с целью выявить и устранить недочеты в освоении материала).

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам учебной дисциплины в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

Методические рекомендации по выполнению практических работ предлагается использовать для проведения практических занятий со студентами, а так же для самостоятельного изучения студентами практической части дисциплины.

Критерии оценивания:

* Оценка «отлично» выставляется обучающемуся за работу, выполненную безошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений;
* Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся за 80-89% правильно выполненного задания;
* Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (не менее выполнение практически всей работы (не менее 70%));
* Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся за работу, выполненную в не полном объеме (менее 70% всей работы).

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

| № работы | Наименование практической работы | Кол-во часов |
| --- | --- | --- |
|  | Определение опорных реакций консольных и однопролетных балок. | 1 |
|  | Расчет на прочность при растяжении и сжатии. | 2 |
|  | Расчет на прочность балок, работающих на изгиб. | 2 |
|  | Определение кинематических параметров движущихся тел. | 1 |
|  | Всего | 6 |

**Практическая работа №1**

**« Определение опорных реакций консольных и однопролетных балок»**

Цель работы: Закрепить теоретические знания и умения определять реакции в опорах балочных систем

 Приобретенные навыки:

1. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

2. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

 Студент должен знать основные понятия и законы механики твердого тела.

Форма работы - индивидуальная.

Характер работы - частично-поисковый.

Последовательность решения задачи:

1 Изобразить балку вместе с нагрузками.

2 Выбрать расположение координатных осей, совместив ось *х* с балкой, а ось *у*, направив перпендикулярно оси *х*;

3 Произвести необходимые преобразования заданных активных сил: силу, наклоненную к оси балки под углом а, заменить двумя взаимно перпендикулярными составляющими, а равномерно распределенную по закону прямоугольника нагрузку – ее равнодействующей, приложенной в середине участка распределения нагрузки;

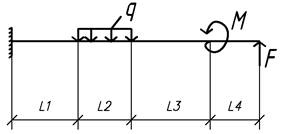
4 Освободить балку от опор, заменив их действие реакциями опор, направленными вдоль выбранных осей координат;

5 Составить уравнения равновесия статики для произвольной плоской системы сил таким образом и в такой последовательности, чтобы решением каждого из этих уравнений было определение одной из неизвестных реакций опор;

6 Проверить правильность найденных опорных реакций по уравнению, которое не было использовано для решения задачи.

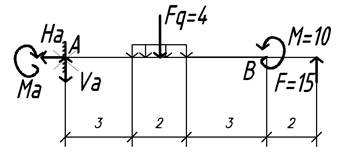
Пример выполнения работы

Определить опорные реакции в консольной  балке.



q=2 kН/м;  М=10 кНм;  F=15 кН; L1=3м; L2=2м; L3=3м; L4= 2м.

В опорах расставляем опорные реакции и заменяем равномерно распределенную нагрузку (q) на сосредоточенную силу Fq = q·L2=2·2=4 кН.



1.   https://fs.znanio.ru/8c0997/9e/e1/4dc20adc7bbf4661aae465211ad7eac4b5.png ;  - На=0

2.   https://fs.znanio.ru/8c0997/f1/a6/1cd14159f8a213a1c7cd36427a5abeb76c.png ;    Va - Fq +  F  = 0

                     Va – 4 + 15  = 0

                      Va + 11=0

                       Va = -11 кН  - меняем направление на противоположное

3.   https://fs.znanio.ru/8c0997/25/43/999109534c1addc92b46a20cc2fd021767.png ; Fq·4 - M -  F· 10 +Ma = 0

                    4·4 – 10 - 15· 10 +Ma = 0

                     16 – 10 - 150 + Ma = 0

                      -144 + Ma = 0

                      Ma  = 144 кНм

4.     Проверка:

https://fs.znanio.ru/8c0997/02/5f/2624a5357cd6b0bdcba2d563577d03a971.png ;  -F·2 – M - Fq·4 - Va·8 + Ma=0

                    -15·2 – 10 - 4· 4 - https://fs.znanio.ru/8c0997/8b/60/faaf328e467d3ccaec54397779aa88df99.png + 144 = 0

                     -30 – 10 - 32 – 88 + 144 = 0

                                           0=0. Решение выполнено верно

Варианты для индивидуальной работы

         Номер варианта выбрать по последней цифре порядкового номера в журнале группы.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Эскиз | № | Эскиз |
| 1 | https://fs.znanio.ru/8c0997/74/87/e01f577834e676ebcb237acebc718983dc.jpg | 6 | https://fs.znanio.ru/8c0997/27/a9/448dd82ce14ffdd5e46d20d64e0ce8435b_Vv60kFt.jpg |
| 2 | https://fs.znanio.ru/8c0997/dc/88/8f281e595c945133bddc0461b4d45f1437.jpg | 7 | https://fs.znanio.ru/8c0997/a5/25/d64c8392c6654f9b7bbd0a66f237735086.jpg |
| 3 | https://fs.znanio.ru/8c0997/97/a3/4e4ff92a985ca88138a4dd48defada021f.jpg | 8 | https://fs.znanio.ru/8c0997/e4/5a/2dec0113aa87aaef6dd4e6de2c6cfbee09.jpg |
| 4 | https://fs.znanio.ru/8c0997/b4/ad/f7e6ed8d32a0ec4e4a01fe74adbdcffeaa.jpg | 9 | https://fs.znanio.ru/8c0997/9c/b4/cbeb391e69cd9cf7ab910dd3d7df185191.jpg |
| 5 | https://fs.znanio.ru/8c0997/72/99/5cfd7edf679cf28d6c962a1a985c314952.jpg | 0 | https://fs.znanio.ru/8c0997/d7/56/303f6633684cf13c672ea20b4655480268.jpg |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | F, кН | q, кН/м | М, кНм | L1, м | L2, м | L3, м | L4, м |
| 1 | 15 | 4,0 | 15 | 2,0 | 6,0 | 2,0 | 1,0 |
| 2 | 30 | 5,0 | 20 | 3,0 | 4,0 | 2,0 | 2,0 |
| 3 | 25 | 4,0 | 40 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 4,0 |
| 4 | 35 | 3,0 | 35 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 2,0 |
| 5 | 40 | 2,0 | 25 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 1,0 |
| 6 | 25 | 4,0 | 35 | 1,0 | 3,0 | 3,0 | 2,0 |
| 7 | 20 | 3,0 | 50 | 2,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 |
| 8 | 15 | 6,0 | 15 | 1,0 | 3,0 | 3,0 | 2,0 |
| 9 | 45 | 4,0 | 30 | 4,0 | 3,0 | 3,0 | 1,0 |
| 0 | 10 | 3,0 | 15 | 1,5 | 4,5 | 2,0 | 2,0 |

**Практическая работа № 2 Расчеты на прочность при растяжении и сжатии**

*Задание*

Для конструкции и эпюры внутренних сил, построенных при выполнении практической работы № 5, материал – бронза, [σ] = 70 МПа, запас прочности [s] = 1,5.

1. Установить опасное сечение бруса и записать условие прочности.
2. Определить размеры постоянного поперечного сечения бруса в форме квадрата, круга, прямоугольника, приняв h/b=2,0;

*Цель работы***–** научиться проводить проектировочные и проверочные расчеты на прочность

и жесткость при растяжении и сжатии.

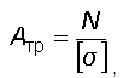
***Теоретическое обоснование***

Основные типы расчетов на прочность

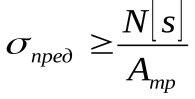
Используя условие прочности (5.3), можно решать следующие основные типы расчетов:

*Проектировочный расчет*:

- определение по известной нагрузке и допускаемому напряжению размеров поперечного сечения стержня

 (6.1)

- подбор материала

 (6.2)

где Ahttps://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-K9MQ7d.png- требуемая площадь сечения;

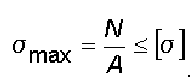
N – продольная сила;

[s]- допускаемый коэффициент запаса прочности;

https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-2G9dNu.png- допускаемое напряжение.

*Проверочный расчет*

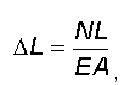
- проверка прочности стержня, т.е. определение по заданным нагрузке и размерам поперечного сечения стержня фактических напряжений и сравнение их с допускаемыми.

 (6.3)

*Определение максимальной нагрузки* по заданным размерам поперечного сечения и [s]

https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-6wGfeh.png (6.4)

Величина деформации стержня **∆L** при растяжении или сжатии находится по формуле

 (6.5)

где L – длина стержня до нагружения;

N – продольная сила;

Е – модуль упругости при растяжении, сжатии;

А – площадь поперечного сечения стержня.

Условие жесткости при растяжении и сжатии

https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-XSLvFm.png (6.6)

где L – продольная деформация стержня;

[L] – допускаемая деформация.

Наиболее рациональным следует признать сечение, обладающее минимальной площадью при заданной нагрузке на брус. В этом случае расход материала на изготовление бруса, будет минимальным. Для получения бруса минимальной материалоемкости нужно стремиться к тому, чтобы по возможности наибольший объем материала работал при напряжениях, равных допускаемым или близким к ним. Прежде всего рациональное сечение бруса должно удовлетворять *условию равнопрочности растянутой и сжатой зон бруса.* Иными словами необходимо, чтобы наибольшие напряжения растяжения (*max* https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-GND9hH.png) наибольшие напряжения сжатия (*max* https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-DfHHDL.png) одновременно достигали допускаемых напряжений https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-MKkClr.pngи https://studfile.net/html/2706/126/html_3qvwRtM39r._c2D/img-svThmF.png.

***Порядок выполнения работы***

1. С помощью метода сечений по виду и расположению нагрузок, устанавливают вид внутренних силовых факторов, возникающих в поперечных сечениях бруса, и делают вывод о виде нагружения бруса.
2. С помощью метода сечений определяют значение и знак ВСФ во всех сечениях по длине бруса, строят их эпюры и отыскивают опасное сечение бруса.
3. По виду ВСФ устанавливают вид напряжения, возникающего в точках опасного сечения. Расчетное напряжение (максимальное напряжение в опасной точке опасного сечения бруса) определяют как отношение ВСФ к поперечному размеру.
4. Определяют размеры поперечных сечений.
5. Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы***

1. Какие внутренние силовые факторы возникают в сечении бруса при растяжении и сжатии?
2. Как распределяются по сечению силы упругости при растяжении и сжатии?
3. Какого характера напряжения возникают в поперечном сечении при растяжении и сжатии: нормальные или касательные?
4. Как распределены напряжения по сечению при растяжении и сжатии?
5. Запишите формулы для расчета нормальных напряжений при растяжении и сжатии.
6. Перечислите характеристики прочности.
7. В чем различие между предельным и допускаемым напряжениями?
8. Запишите условие прочности при растяжении и сжатии. Отличаются ли условия прочности при расчете прочности на растяжение и расчете на сжатие?

Практическая работа №3 «Расчет на прочность балок, работающих на изгиб».

**Цель работы:** изучить теорию, научиться производить расчеты на прочность при изгибе.

**Ход работы:**

1. Изучить теорию.
2. Решить задачи.
3. Оформить работу.
4. Написать вывод.

**Краткая теория.**

***Расчеты на прочность при изгибе***

Условие на прочность при изгибе заключается в том, что максимальное нормальное напряжение в опасном сечении не должно превышать допускаемое.  
Полагая, что гипотеза о не надавливании волокон справедлива не только при чистом, но и при поперечном изгибе, мы можем нормальные напряжения при поперечном изгибе определять по такой же формуле, что и при чистом изгибе, при этом расчетная формула выглядит так:

***σmax = Миmax / W ≤ [σ]***

и читается так: *нормальное напряжение в опасном сечении, определенное по формуле* ***σmax = Миmax / W ≤ [σ]****не должно превышать допускаемое.*   
Допускаемое нормальное напряжение при изгибе выбирают таким же, как при растяжении и сжатии.   
Максимальный изгибающий момент определяют по эпюре изгибающих моментов или расчетом.   
Так как момент сопротивления изгибу ***W*** в расчетной формуле стоит в знаменателе, то чем больше ***W***, тем меньшие напряжения возникают в сечении бруса.

Ниже приведены моменты сопротивления изгибу для наиболее часто встречающихся сечений:

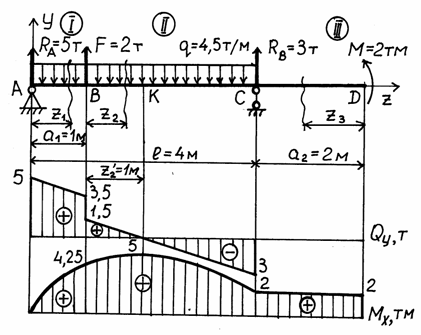
1. ***Прямоугольное сечение*** размером *b x h*:    ***Wпр = bh2 / 6***.

2. ***Круглое сечение*** диаметром *d:*    ***Wкруг = π d3 / 32 ≈ 0,1d3***

3. ***Кольцо*** размером*D x d:* ***Wкольца = ≈ 0,1 (D4 – d4) / D***; *(момент сопротивления кольцевого сечения нельзя определять, как разность моментов сопротивления большого и малого кругов)*.

**Пример:**

Для заданной расчетной схемы двухопорной балки (см. рис.) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов и подобрать стальную балку двутаврового поперечного сечения, если *P*= 20 кн =2 т, *М* =20 кНм =2 тм, *q*=1,5 кН/м =1,5 т/м, hello_html_37a5eda8.gif= 1 м, hello_html_m2420048f.gif= 2 м, *l* = 4 м, hello_html_m76cc1ac0.gif=160 МПа =1600 кг/см2.



***Решение.***

1. Вычерчиваем балку в масштабе, наносим все нагрузки и размеры и определяем опорные реакции *RA* и *RC*  , используя уравнение статического равновесия:

hello_html_m8a4ce9c.gif;    hello_html_707efbeb.gif;

hello_html_5930cf33.gif

hello_html_m53d81446.gif;     hello_html_7a1bcc45.gif;

hello_html_4ac82cb0.gif

Проверка: hello_html_1e1f1a83.gif;

hello_html_m1cae2aff.gif;

5 - 1,5·4 - 2 + 3 = 0

Наносим вычисленные значения реакций *RA* и *RC*  на расчетную схему.

2. Запишем для каждого участка I, II, III балки уравнения для *Q*y  и *M*x и, выбрав масштаб, построим их эпюры. Для этого применим метод сечений. На каждом участке проводим произвольные сечения и выбираем начало координат: для участка I – в точке *А*, для участка II – в точке*В*, для участка III – в точке *D*. Произвольные сечения каждого участка связываем с выбранным началом отсчета координат Z1, Z2 и Z3. Тогда для каждого участка получим:

Участок I (hello_html_4a67b320.gif).

hello_html_m17ba0311.gif;

hello_html_4e93ce0a.gif.

При составлении уравнения для *M*x считаем, что равнодействующая (*qZ*1) от равномерно распределенной нагрузки *q* приложена посередине рассматриваемого участка длиной *Z*1, и тогда плечо ее равно *Z*1/2.

При *Z*1= 0; *Q*y = 5 т, *M*x  = 0.

При *Z*1= 1 м; *Q*y = 5 – 1,5·1= 3,5 т,  *M*x= 5·1 – 5·12/2 = 4,25 тм.

Участок II  (hello_html_m42ae671.gif).

hello_html_9480400.gif;

hello_html_m20358d17.gif.

При составлении уравнений для *Q*y и *M*x  для участка II видим, что *q*, приложенная на участке *a*1, не зависит от *Z*2 (отсчет начинается от точки*В*).

При *Z*2= 0; *Q*y = 5 – 1,5·1 – 2 = 1,5 т, *M*x  = 5·1 – 1,5·1/2 =  4,25 тм.

 При *Z*2= 3 м; *Q*y = 5 – 1·2 – 1,5·3 = –3 тм.

*M*x = 5·(1+ 3) – 1,5·1(1/2+ 3) –  2·3 – 1,5×32/2 = 2 тм.

Построив эпюру *Q*y  для этого участка, видим, что она меняет знак с (+) на (-). Исследуем на экстремум:

hello_html_2bf8b1a4.gif;    hello_html_15b3e431.gif;

hello_html_m7724269b.gif

При hello_html_7cb44ea5.gif = 1 м,  *M*x = 5·(1 + 1) – 1,5·1(1/2 + 1) – 2·1– 1,5×12/2 = 5 тм.

Откладываем от точки *В* hello_html_63707bf4.gif = 1 м, где *Q*y = 0, на эпюре изгибающих моментов откладываем *M*x = 5 тм и через полученные три точки проводим параболу – эпюру *M*x  .

Участок III (hello_html_m22f2e0e4.gif = 2 м).

*Q*y = 0; *M*x = *М* = 2 тм.

Выбираем масштаб, строим эпюры (см. рис.) и проверяем их правильность.

2. Определяем опасное сечение балки – сечение, в котором изгибающий момент принимает максимальное значение по абсолютной величине, если, как в нашем случае, материл балки пластичный.

Опасное сечение *K*, где hello_html_3725254.gif= 5 тм.

Для подбора сечения балки из условия прочности по нормальным напряжениям при изгибе:

hello_html_336e0381.gif                                                                        (1)

получим формулу проектировочного расчета:

hello_html_5b9962a9.gif

По сортаменту двутавровых балок (ГОСТ 8239-89) подбираем ближайший больший профиль – двутавр № 24а с осевым моментом сопротивления hello_html_2f00ba0f.gif = 317 см3.

Максимальные рабочие напряжения будут равны, согласно формулы (1),

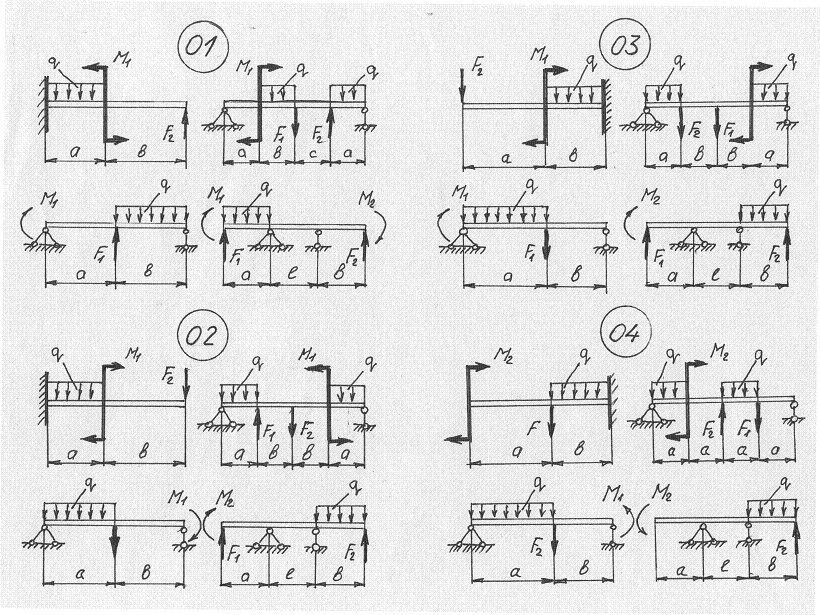
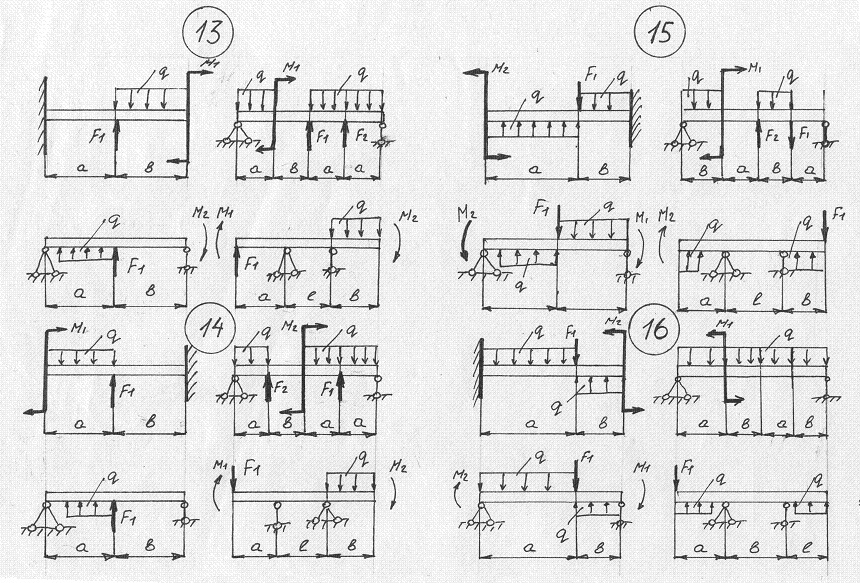
hello_html_m22708ec4.gif

Недонапряжение составит:

hello_html_m137b70df.gif

**Задача.**

Определить из расчета на прочность требуемые размеры поперечного сечения балки при квадратной форме сечения если [σ]=160 Н/мм2.

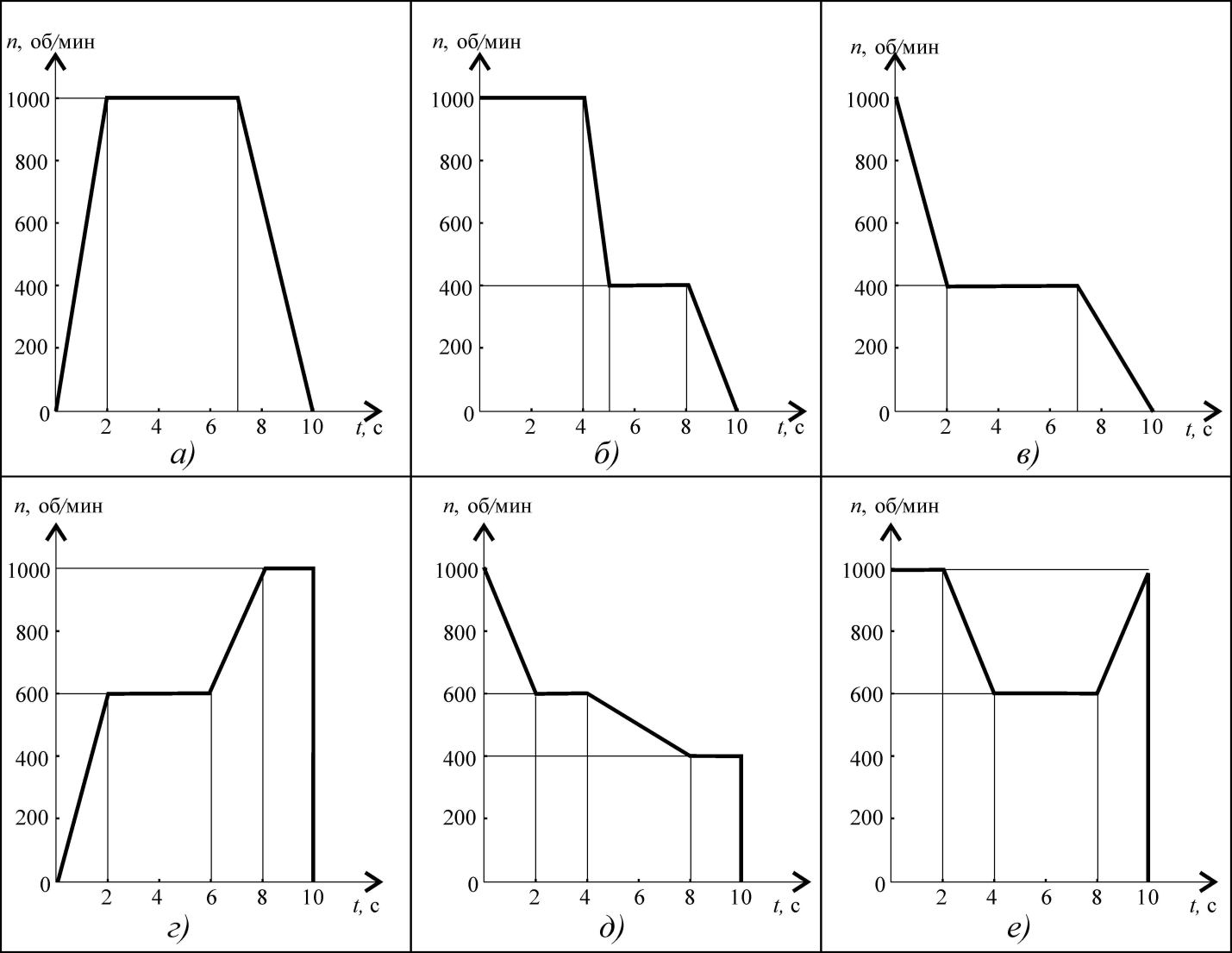


Практическая работа №4 Определение кинематических параметров движущихся тел.

**Цель задания.**

1) Научиться определять параметры кинематического движения точки по заданному уравнению движения.

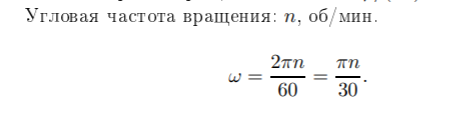
2) Научиться строить кинематические графики.

**Содержание задания:**  
  
По приведенному кинематическому графику определить вид движения на каждом участке и рассчитать кинематические параметры.  
  
  
**Порядок выполнения задания:**

1. По приведенному кинематическому графику определить вид движения на каждом участке.
2. Записать законы движения на каждом участке.

*Параметры движения в конце каждого участка являются начальными*[*параметрами движения на каждом последующем*](https://topuch.ru/kontrolenaya-rabota-po-discipline--finansovaya-matematika/index.html).

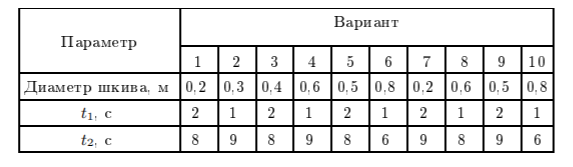
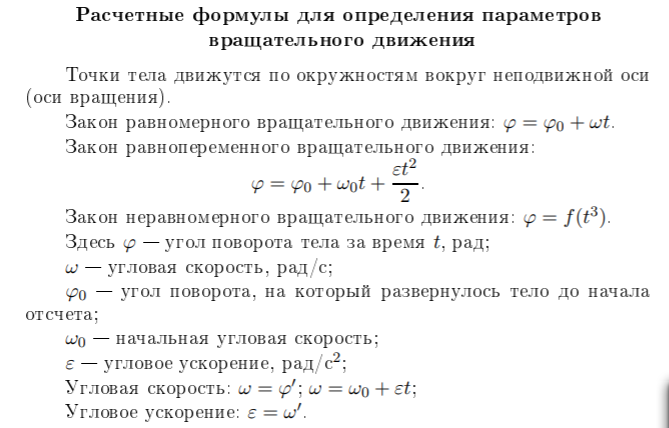
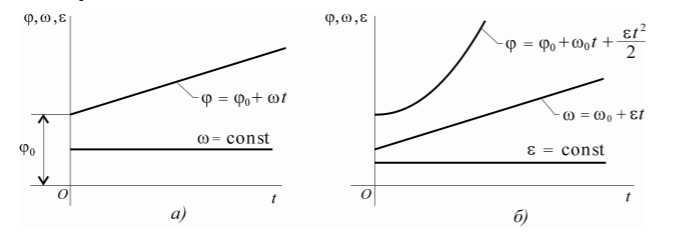
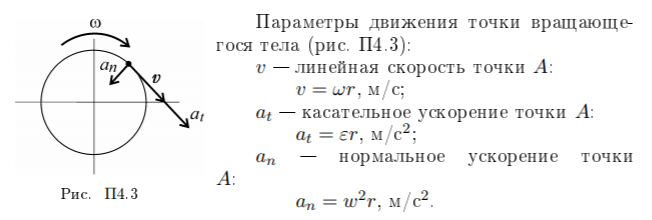
1. Определить полный угол поворота шкива за время вращения.

Использовать формулу для перехода от угловой частоты вращения к угловой скорости.  
  


1. Определить полное число оборотов шкива по формуле:

https://topuch.ru/prakticheskaya-rabota-opredelenie-kinematicheskih-parametrov-t/276194_html_e5ed1ac1d755674b.png

1. Определить нормальное и касательное ускорения точки на ободе шкива в указанные моменты времени.

На графике для своего варианта показать участок с моментами времени.  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
https://topuch.ru/prakticheskaya-rabota-opredelenie-kinematicheskih-parametrov-t/276194_html_7271af878fb7d06c.png

# Информационное обеспечение обучения

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

Основные источники:

1. [Сафонова,](http://znanium.com/catalog/author/f16d7dc6-efac-11e3-9244-90b11c31de4c) Г. Г. Техническая механика [Электронный ресурс] : учебник / Г. Г. Сафонова, Т. Ю. Артюховская, Д. А. Ермаков. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 320 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/958520>
2. [Литвинова, Э. В.](http://znanium.com/catalog/author/a3ad8db3-6fa9-11e8-a3bc-90b11c31de4c) Техническая механика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие для выполнения самостоят. работы / Э. В. Литвинова. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 50 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/977939>

Дополнительные источники:

1. [Михайлов, А. М.](http://znanium.com/catalog/author/d34d561e-d919-11e4-9a4d-00237dd2fde4) Техническая механика [Электронный ресурс] : учебник / А. М. Михайлов. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 375 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/550272>

Нормативно-техническая литература:

1. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные Сортамент [Электронный ресурс] : дата введ. 1990-07-01. – Доступ из проф.-справ. системы «Техэксперт».