

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»
для специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение
(Учебный план 2023)

Челябинск, 2023

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Техническая механика» являются частью программы подготовки специалистов среднего звена специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение (ФГОС 2018).

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
1.	Определение опорных реакций консольных и однопролетных балок.	1
2.	Расчет на прочность при растяжении и сжатии.	2
3.	Расчет на прочность балок, работающих на изгиб.	2
4.	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.

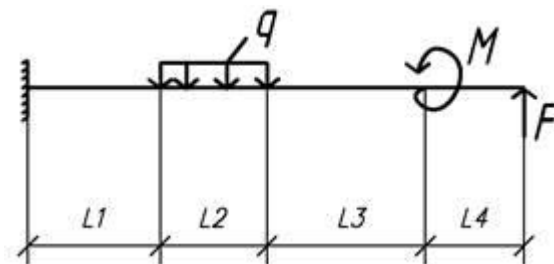
Характер работы - частично-поисковый.

Последовательность решения задачи:

- 1 Изобразить балку вместе с нагрузками.
- 2 Выбрать расположение координатных осей, совместив ось x с балкой, а ось y , направив перпендикулярно оси x ;
- 3 Произвести необходимые преобразования заданных активных сил: силу, наклоненную к оси балки под углом α , 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.

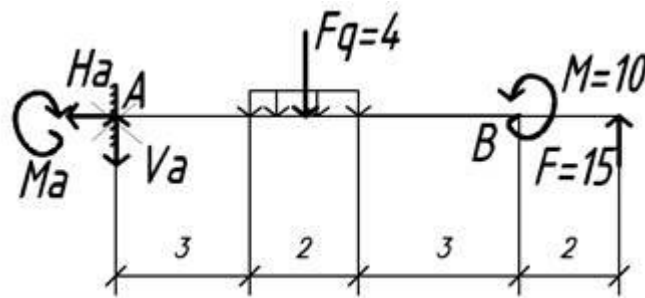
Пример выполнения работы

Определить опорные реакции в консольной балке.



$$q=2 \text{ кН/м}; M=10 \text{ кНм}; F=15 \text{ кН}; L1=3\text{м}; L2=2\text{м}; L3=3\text{м}; L4= 2\text{м}.$$

В опорах расставляем опорные реакции и заменяем равномерно распределенную нагрузку (q) на сосредоточенную силу $Fq = q \cdot L_2 = 2 \cdot 2 = 4$ кН.



1. $\sum x = 0$; $-H_a = 0$

2. $\sum y = 0$; $V_a - Fq + F = 0$

$$V_a - 4 + 15 = 0$$

$$V_a + 11 = 0$$

$V_a = -11$ кН - меняем направление на противоположное

3. $\sum M_a = 0$; $Fq \cdot 4 - M - F \cdot 10 + M_a = 0$

$$4 \cdot 4 - 10 - 15 \cdot 10 + M_a = 0$$

$$16 - 10 - 150 + M_a = 0$$

$$-144 + M_a = 0$$

$$M_a = 144 \text{ кНм}$$

4. Проверка:

$\sum M_b = 0$; $-F \cdot 2 - M - Fq \cdot 4 - V_a \cdot 8 + M_a = 0$

$$-15 \cdot 2 - 10 - 4 \cdot 4 - 11 \cdot 8 + 144 = 0$$

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

$0 = 0$. Решение выполнено верно

Варианты для индивидуальной работы

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

№	Эскиз	№	Эскиз
---	-------	---	-------

1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		0	

Вариант	F, кН	q, кН/м	M, 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, $[\sigma] = 70$ 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

$$A_{\text{тр}} = \frac{N}{[\sigma]}, \quad (6.1)$$

- подбор материала

$$\sigma_{\text{пред}} \geq \frac{N[s]}{A_{\text{тр}}} \quad (6.2)$$

где $A_{\text{тр}}$ - требуемая площадь сечения;

N – продольная сила;

$[s]$ - допускаемый коэффициент запаса прочности;

$\sigma_{\text{пред}}$ - 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.

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{N}{A} \leq [\sigma]. \quad (6.3)$$

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

$$N = [\sigma]A. \quad (6.4)$$

Величина деформации стержня ΔL при растяжении или сжатии находится по формуле

$$\Delta L = \frac{NL}{EA}, \quad (6.5)$$

где L – длина стержня до нагружения;

N – продольная сила;

E – модуль упругости при растяжении, сжатии;

A – площадь поперечного сечения стержня.

Условие жесткости при растяжении и сжатии

$$\Delta L \leq [\Delta L], \quad (6.6)$$

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 ($\max \sigma_p$) наибольшие напряжения сжатия ($\max \sigma_c$) одновременно достигали допускаемых напряжений $[\sigma_p]$ и $[\sigma_c]$.

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 изгибе».

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:

$$\sigma_{\max} = M u_{\max} / W \leq [\sigma]$$

и читается так: нормальное напряжение в опасном сечении, определенное по формуле $\sigma_{\max} = M u_{\max} / W \leq [\sigma]$ 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.

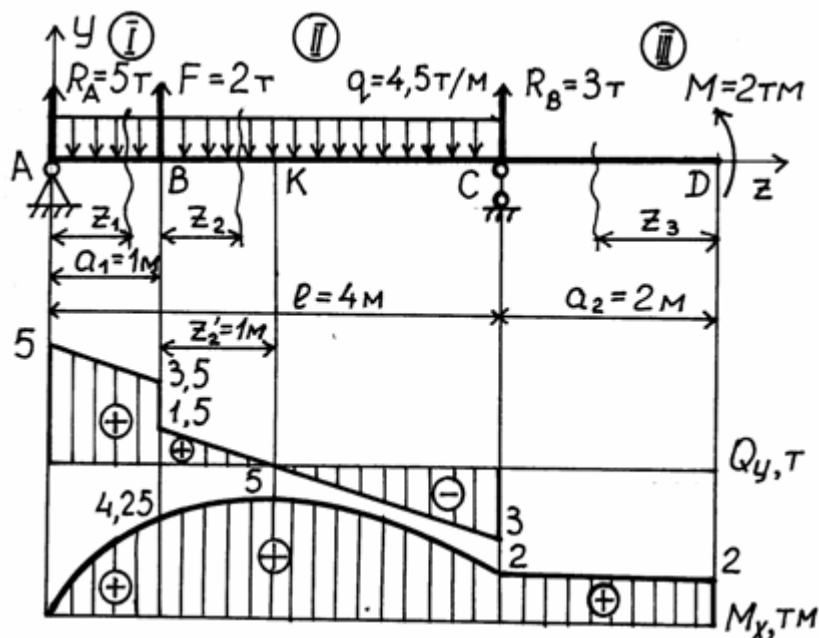
Так как момент сопротивления изгибу W в расчетной формуле стоит в знаменателе, то чем больше W , тем меньшие напряжения возникают в сечении бруса.

Ниже приведены моменты сопротивления изгибу для наиболее часто встречающихся сечений:

1. **Прямоугольное сечение** размером $b \times h$: $W_{np} = b h^2 / 6$.
2. **Круглое сечение** диаметром d : $W_{кр\gamma\gamma} = \pi d^3 / 32 \approx 0,1 d^3$
3. **Кольцо** размером $D \times d$: $W_{кольца} \approx 0,1 (D^4 - d^4) / D$; (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 $P = 20 \text{ кН} = 2 \text{ т}$, $M = 20 \text{ кНм} = 2 \text{ тм}$, $q = 1,5 \text{ кН/м} = 1,5 \text{ т/м}$, $\alpha_1 = 1 \text{ м}$, $\alpha_2 = 2 \text{ м}$, $l = 4 \text{ м}$, $[\sigma] = 160 \text{ МПа} = 1600 \text{ кг/см}^2$.



Решение.

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

$$\sum m_C = 0; \quad -R_A \cdot l + ql \frac{l}{2} + P(l - a_1) + M = 0;$$

$$R_A = \frac{ql \frac{l^2}{2} + P(l - a_1) + M}{l} = \frac{1,5 \frac{4^2}{2} + 2(4 - 1) + 2}{4} = 5 \text{ т.}$$

$$\sum m_A = 0; \quad R_C l - Pa_1 - ql \frac{l}{2} + M = 0;$$

$$R_C = \frac{Pa_1 + ql \frac{l^2}{2} - M}{l} = \frac{2 \cdot 1 + 1,5 \frac{4^2}{2} - 2}{4} = 3 \text{ т.}$$

Проверка: $\sum y = 0$;

$$R_A - ql - P + R_C = 0;$$

$$5 - 1,5 \cdot 4 - 2 + 3 = 0$$

Наносим вычисленные значения реакций R_A и R_C 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 A, для участка II – в точке B, для участка III – в точке D. Произвольные сечения каждого участка связываем с выбранным началом отсчета координат Z_1 , Z_2 и Z_3 . Тогда для каждого участка получим:

Участок I ($0 \leq Z_1 \leq a_1 = 1 \text{ м}$).

$$Q_y = R_A - qZ_1;$$

$$M_x = R_A Z_1 - qZ_1 \frac{Z_1}{2}.$$

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 $Z_1 = 0$; $Q_y = 5 \text{ т}$, $M_x = 0$.

При $Z_1 = 1 \text{ м}$; $Q_y = 5 - 1,5 \cdot 1 = 3,5 \text{ т}$, $M_x = 5 \cdot 1 - 5 \cdot 1^2/2 = 4,25 \text{ тм}$.

Участок II ($0 \leq Z_1 \leq (l - a_1) = 3 \text{ м}$).

$$Q_y = R_A - qa_1 - P - qZ_2;$$

$$M_x = R_A(a_1 + Z_2) - qa_1\left(\frac{a_1}{2} + Z_2\right) - PZ_2 - qZ_2\frac{Z_2}{2}.$$

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 B).

При $Z_2 = 0$; $Q_y = 5 - 1,5 \cdot 1 - 2 = 1,5$ т, $M_x = 5 \cdot 1 - 1,5 \cdot 1/2 = 4,25$ тм.

При $Z_2 = 3$ м; $Q_y = 5 - 1 \cdot 2 - 1,5 \cdot 3 = -3$ тм.

$M_x = 5 \cdot (1 + 3) - 1,5 \cdot 1(1/2 + 3) - 2 \cdot 3 - 1,5 \cdot 3^2/2 = 2$ тм.

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

$$\frac{dM_x}{dZ} = Q = 0; \quad R_A - qa_1 - P - qZ_2' = 0;$$

$$Z_2' = \frac{R_A - qa_1 - P}{q} = \frac{5 - 1,5 \cdot 1 - 2}{1,5} = 1 \text{ м.}$$

При $Z_2' = 1$ м, $M_x = 5 \cdot (1 + 1) - 1,5 \cdot 1(1/2 + 1) - 2 \cdot 1 - 1,5 \cdot 1^2/2 = 5$ тм.

Откладываем от точки B $Z_2' = 1$ 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 ($0 \leq Z_3 \leq a_3 = 2$ м).

$Q_y = 0$; $M_x = M = 2$ 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, материал балки пластичный.

Опасное сечение K , где $M_{x_{\max}} = 5$ тм.

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

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{x_{\max}}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (1)$$

получим формулу проектировочного расчета:

$$W_x \geq \frac{M_{x_{\max}}}{[\sigma]} = \frac{5 \cdot 10^5}{1600} = 312,5 \text{ см}^3.$$

По сортаменту двутавровых балок (ГОСТ 8239-89) подбираем ближайший больший профиль – двутавр № 24а с осевым моментом сопротивления $W_x' = 317 \text{ см}^3$.

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

$$\sigma_{\max}' = \frac{M_{x_{\max}}}{W_x'} = \frac{5 \cdot 10^5}{317} = 1577 \text{ кг/см}^2 < [\sigma] = 1600 \text{ кг/см}^2.$$

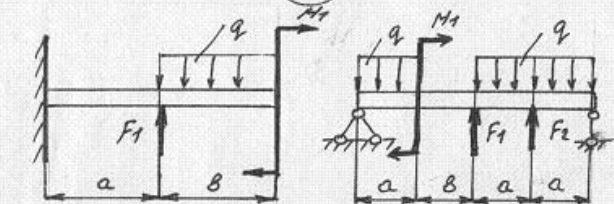
Недонапряжение составит:

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma_{\max}' - [\sigma]}{[\sigma]} 100\% = \frac{1577 - 1600}{1600} 100\% = -1,44\%.$$

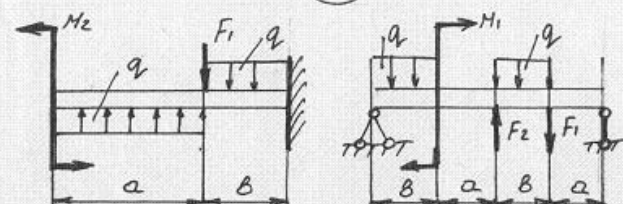
Задача.

Определить из расчета на прочность требуемые размеры поперечного сечения балки при квадратной форме сечения если $[\sigma] = 160 \text{ Н/мм}^2$.

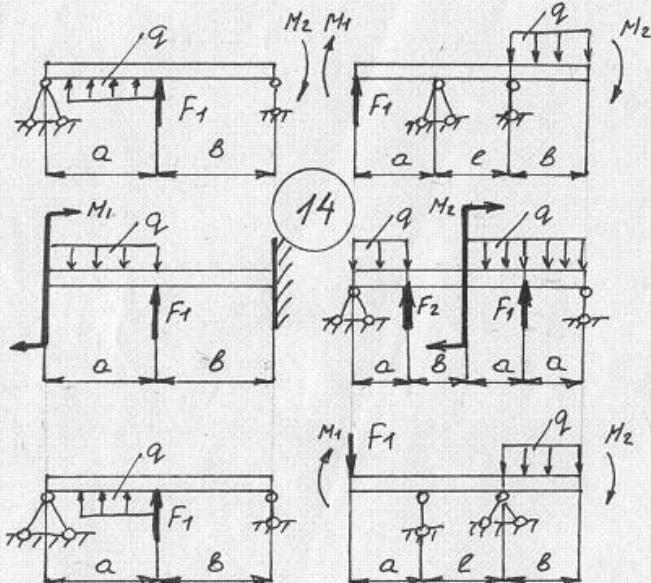
13



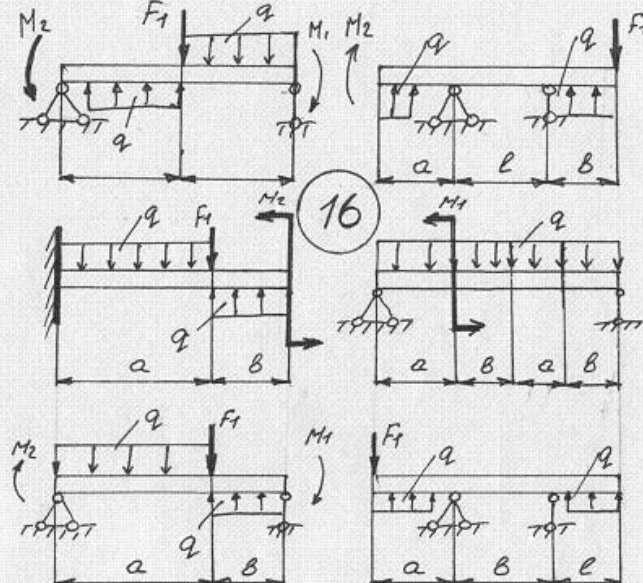
15



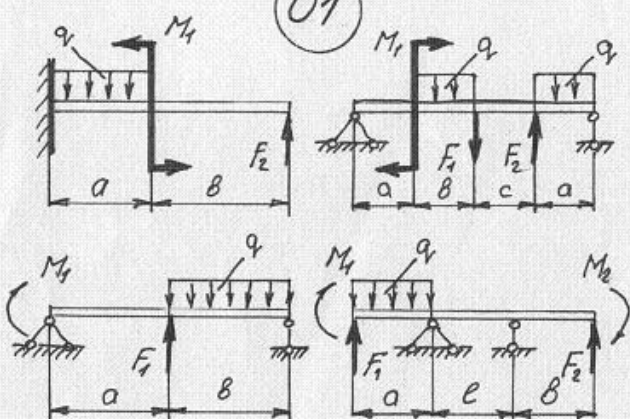
14



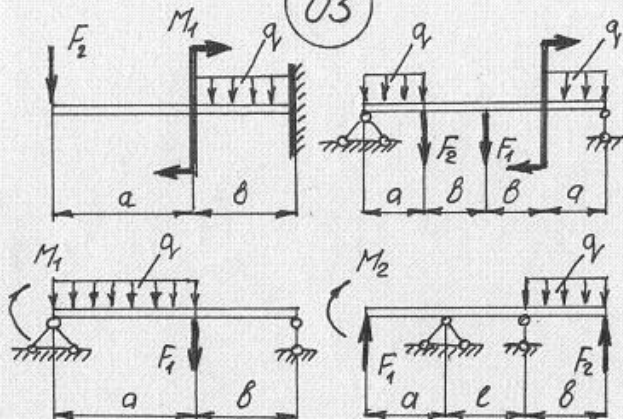
16



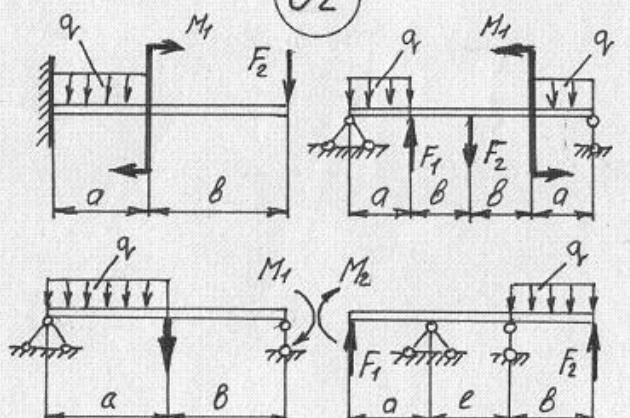
01



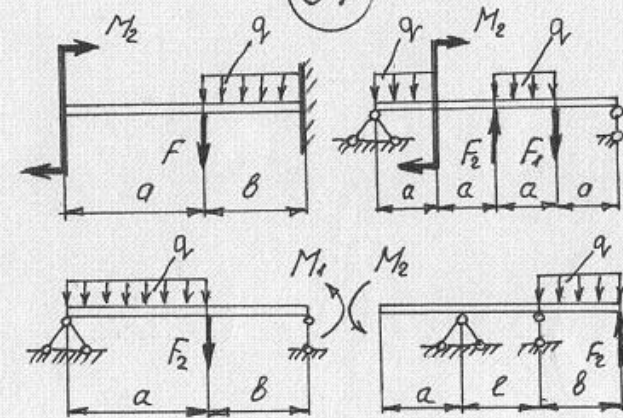
03



02



04



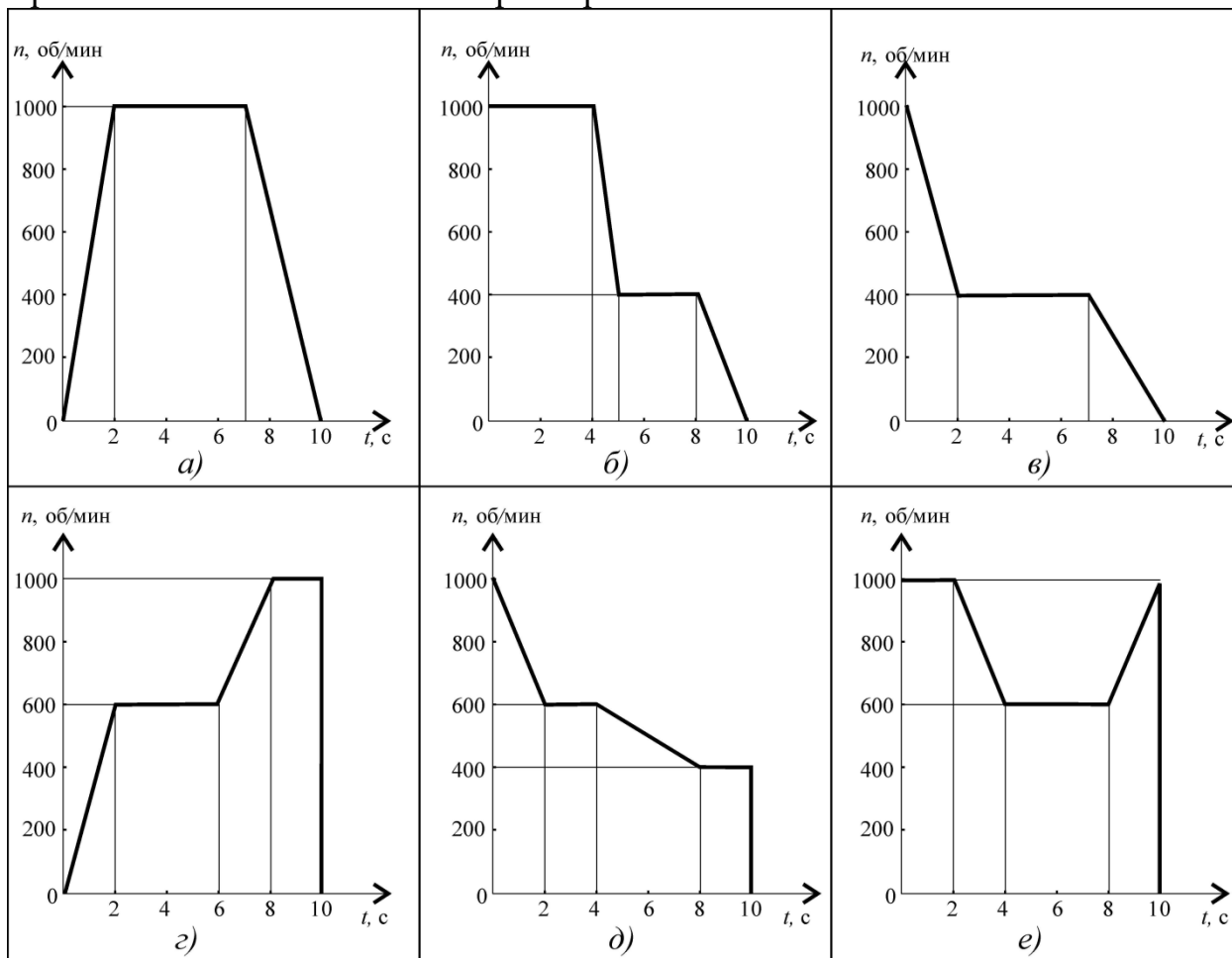
Практическая работа №4 Определение кинематических параметров движущихся тел.

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.

3.

Определить полный угол поворота шкива за время вращения.

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

Угловая частота вращения: n , об/мин.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}.$$

4.

Определить полное число оборотов шкива по формуле:

Число оборотов вращения тела: $z = \varphi/(2\pi)$.

5.

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

На графике для своего варианта показать участок с моментами времени.

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр шкива, м	0,2	0,3	0,4	0,6	0,5	0,8	0,2	0,6	0,5	0,8
t_1 , с	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
t_2 , с	8	9	8	9	8	6	9	8	9	6

Расчетные формулы для определения параметров вращательного движения

Точки тела движутся по окружностям вокруг неподвижной оси (оси вращения).

Закон равномерного вращательного движения: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$.

Закон равнопеременного вращательного движения:

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

Закон неравномерного вращательного движения: $\varphi = f(t^3)$.

Здесь φ — угол поворота тела за время t , рад;

ω — угловая скорость, рад/с;

φ_0 — угол поворота, на который развернулось тело до начала отсчета;

ω_0 — начальная угловая скорость;

ε — угловое ускорение, рад/с²;

Угловая скорость: $\omega = \varphi'$; $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$;

Угловое ускорение: $\varepsilon = \omega'$.

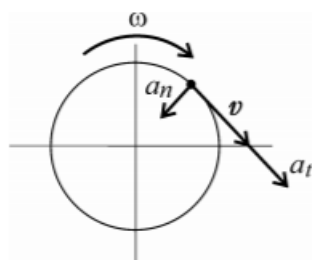
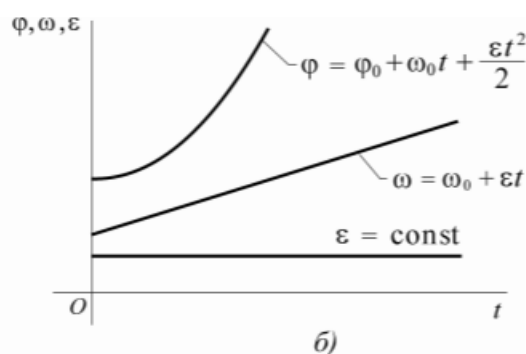
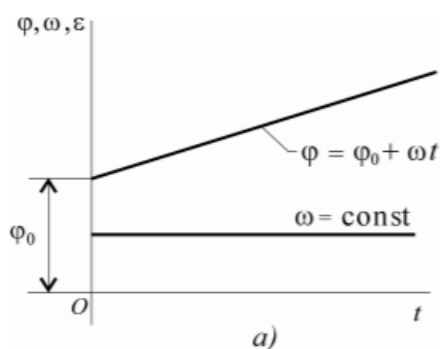


Рис. П4.3

Параметры движения точки вращающегося тела (рис. П4.3):

v — линейная скорость точки A :

$$v = \omega r, \text{ м/с};$$

a_t — касательное ускорение точки A :

$$a_t = \varepsilon r, \text{ м/с}^2;$$

a_n — нормальное ускорение точки

A :

$$a_n = \omega^2 r, \text{ м/с}^2.$$

Полное ускорение: $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$.

Перечень учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

1. Титенок, А. В. Техническая механика : учебное пособие / А. В. Титенок. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. - 252 с. - ISBN 978-5-9729-1348-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2100428> (дата обращения: 18.03.2024). – Режим доступа: по подписке.
2. Олофинская, В. П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий : учебное пособие / В.П. Олофинская. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 132 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-016753-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1896828> (дата обращения: 18.03.2024). – Режим доступа: по подписке.

Нормативно-техническая литература:

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