Министерство образования и науки Хабаровского края Краевое государственное бюджетное Профессиональное образовательное учреждение «Советско-Гаванский промышленно-технологический техникум»

Методические указания и контрольные задания для студентов заочного обучения по дисциплине

Техническая механика Часть 1. Теоретическая механика

по специальности (группе специальностей) 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Советская Гавань

Методические рекомендации предназначены для студентов заочного отделения КГБ ПОУ СГПТТ по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование для выполнения домашней контрольной работы в межсессионный период и самостоятельной подготовки к лабораторно-экзаменационной сессии. Рекомендации разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.04. Техническая механика

\sim				_	
()	рганизац	ия —	ทลวเ	ทลกด	тчик:
\sim	рганизац	11/1	pasi	paoo	1 11111.

Краевое государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Советско-Гаванский промышленно-технологический техникум»

Разработчик:

Чибыкин А.И., преподаватель дисциплин профессионального цикла

Методические указания рекомендованы предметно - цикловой методической комиссией «Техничекого цикла»

Протокол № 2 от «10» октября 2022 г.

Председатель ПЦК		Авдюшкина О.В.
• -	(подпись)	(Фамилия И.О.)

Содержание

Пояснительная записка	4
СТАТИКА	
Практическая работа №1 «Плоская система сходящихся сил»	8
Практическая работа №2 «Плоская система произвольно расположенных сил»	13
Практическая работа №3 «Центр тяжести плоских сечений»	18
КИНЕМАТИКА	
Практическая работа№4 «Параметры движения точки»	21
Практическая работа № 5 «Движение тела вокруг неподвижной оси».	26
ДИНАМИКА	
Практическая работа № 6 «Основной закон динамики и принцип Даламбера».	34
Практическая работа № 7 «Общие теоремы динамики».	38

Введение

Сборник практических работ составлен в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по программам подготовки специалистов среднего звена по специальности 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование». Учебная дисциплина «Техническая механика» устанавливает базовые знания для освоения специальных дисциплин.

Структура дисциплины «Техническая механика» представлена следующими разделами:

- теоретическая механика;
- сопротивление материалов;
- детали машин.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

уметь:

- определять напряжения в конструкционных элементах;
- определять передаточное отношение;
- проводить расчет и проектировать детали и сборочные единицы общего назначения;
- проводить сборочно-разборочные работы в соответствии с характером соединений деталей и сборочных единиц;
 - производить расчеты на сжатие, срез и смятие;
- производить расчеты элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;
 - собирать конструкции из деталей по чертежам и схемам;
 - читать кинематические схемы.

знать:

- виды движений и преобразующие движения механизмы;
- виды износа и деформаций деталей и узлов;
- виды передач; их устройство, назначение, преимущества и недостатки,
 условные обозначения на схемах;

- кинематику механизмов, соединения деталей машин, механические передачи, виды и устройство передач;
- методику расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах деформации;
 - методику расчета на сжатие, срез и смятие;
 - назначение и классификацию подшипников;
 - характер соединения основных сборочных единиц и деталей;
 - основные типы смазочных устройств;
 - типы, назначение, устройство редукторов;
 - трение, его виды, роль трения в технике;
- устройство и назначение инструментов и контрольно-измерительных приборов, используемых при техническом обслуживании и ремонте оборудования.

Формируемые компетенции:

- OК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- OК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- OК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- OK 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Учебная дисциплина «Техническая механика» базируется на знаниях и умениях, полученных при изучении физики и математики, является базовой для дисциплин профессионального цикла.

Программа курса рассчитана на 174 часа учебных и 70 часов практических занятий. Программа раздела «Теоретическая механика» рассчитана на 76 учебных и 28 часов практических занятий. С целью активизации процессов усвоения и закрепления знаний студентов к каждой теме предложены вопросы для самоконтроля.

Для лучшего усвоения материала рекомендуется самостоятельно решить несколько задач по темам дисциплины. Решение задач способствует лучшему пониманию и закреплению теоретических знаний. Задания практических работ желательно выполнять непосредственно после изучения соответствующей темы, такая последовательность будет способствовать лучшему закреплению знаний. Заключительной формой контроля усвоения раздела является контрольная работа, дисциплины - экзамен.

Методические рекомендации по решению задач

- 1. Главная цель решения задач формировать способности к самостоятельному мышлению и анализу, к самостоятельной творческой работе, формировать понимание физических явлений и техническое мышление.
- 2. Развить умение и навыки применения теоретических знаний к решению практических вопросов.
 - 3. Закрепить и углубить знания по изучаемому предмету.
 - 4. Развить навыки работы со справочной и технической литературой.
 - 5. Приобрести навыки оформления технических расчетов.

Основные положения методики решения задач

- 1. Записать условия задачи, составить расчетную схему (если это необходимо) и проанализировать физическую сущность задачи.
- 2. После того, как задача в общих чертах решена, перейти к её последовательному математическому решению:
- вести решение по пунктам, указывая, что именно в данном пункте определяется;
- каждый пункт должен содержать расчетную формулу, записанную в общем виде;
- после вывода окончательной формулы необходимо перейти к численному решению;
- перед подстановкой числовых данных необходимо все исходные величины привести к единым согласованным единицам измерения.
 - 3. Анализ результата решения заключается в следующем:
- попытке оценить правильность решения по правдоподобию числового результата;
 - в разборе возможных методов контроля решения;
- в анализе решения с точки зрения подтверждения определенных теоретических положений и технических приложений и практических выводов;
 - в необходимости приведения результата к ГОСТам.

СТАТИКА

Практическая работа№1

Тема: «Плоская система сходящихся сил»

Цель: провести графическое и аналитическое определение равнодействующей плоской системы сходящихся сил.

Время выполнения: 90 минут.

Для выполнения работы необходимо знать:

Плоская система сходящихся сил— это силы, лежащие водной плоскости, линии действия которых пересекаются водной точке. Равнодействующую силу для этой системы определяют по формуле:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma x}^2} ,$$

где $F_{\Sigma x} = \sum F_{ix}$ - сумма проекций всех сил на ось «Х»,

 $F_{\Sigma_{\!\scriptscriptstyle y}} = \sum F_{\scriptscriptstyle iy}\,$ - сумма проекций всех сил на ось «Y».

Для равновесия данной системы сил необходимо и достаточно, чтобы равнялись нулю суммы проекций всех сил на две перпендикулярных оси.

Уравнения равновесия:

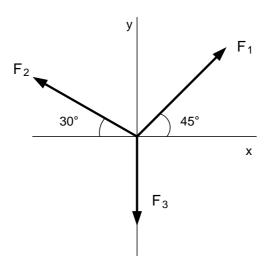
$$\sum F_{ix} = 0$$

$$\sum F_{iv} = 0$$

Примеры решения задач:

Пример 1

Определить равнодействующую силу графическим и аналитическим способами.



Дано: $F_1=44\kappa H$, $F_2=22\kappa H$, $F_3=11\kappa H$. Определить F_Σ

Решение:

1.1Аналитический способ.

Равнодействующая системы сходящихся сил определяется по формуле:

$$F_{\Sigma} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

где Х – сумма проекций всех сил на ось х,

Y – сумма проекций всех сил на ось у.

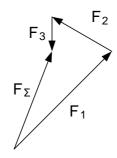
Тогда

$$\begin{split} X &= F_1 \cdot \cos 45^\circ - F_2 \cdot \cos 30^\circ = 44 \cdot 0,707 - 22 \cdot 0,866 = 12,06 \kappa H \; ; \\ Y &= F_1 \cdot \sin 45^\circ + F_2 \cdot \sin 30^\circ - F_3 = 44 \cdot 0,707 + 22 \cdot 0,5 - 11 = 31,11 \kappa H \; ; \\ F_\Sigma &= \sqrt{12,06^2 + 31,11^2} = 33,36 \kappa H \end{split}$$

1.2 Графический способ.

Выбирается масштаб сил $M_F=11\kappa H/c_M$, тогда длина сил $F_1=4c_M$, $F_2=2c_M$, $F_3=1c_M$.

Строим силовой многоугольник:

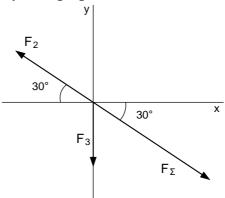


 $F_{\Sigma} = 3.3cM = 33\kappa H$

Ответ: 33кН.

Пример 2

Определить силу F1 графическим и аналитическим способами.



Дано: $F_{\Sigma}=60\kappa H$, $F_{2}=15\kappa H$, $F_{3}=30\kappa H$. Определить F_{1}

Решение:

1. Аналитический способ.

Определим проекции равнодействующей на оси х, у:

$$X = F_{\Sigma} \cdot \cos 30^{\circ}$$
, $Y = -F_{\Sigma} \cdot \sin 30^{\circ}$,

НО

$$X = -F_2 \cdot \cos 30^\circ + F_{1x}$$
, $Y = F_2 \cdot \sin 30^\circ + F_{1y} - F_3$.

Отсюда

$$F_{1x} = F_{\Sigma} \cdot \cos 30^{\circ} + F_{2} \cdot \cos 30^{\circ} = 60 \cdot 0,866 + 15 \cdot 0,866 = 64,95\kappa H$$

$$F_{1y} = -F_{\Sigma} \cdot \sin 30^{\circ} - F_{2} \cdot \sin 30^{\circ} + F_{3} = -60 \cdot 0,5 - 15 \cdot 0,5 + 30 = -7,5\kappa H$$

$$F_{1} = \sqrt{F_{1x}^{2} + F_{2x}^{2}} = \sqrt{64,95^{2} + 7,5^{2}} = 65,38\kappa H$$

Угол наклона силы F_1 к оси х:

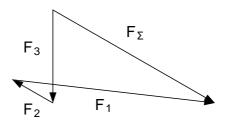
$$\cos\alpha = \frac{F_{1x}}{F_{1}} = \frac{64,95}{65,38} = 0,993$$

$$\alpha = 7^{\circ}$$

2. Графический способ

Выбирается масштаб построения сил $M_{_F}=10\kappa H/c M$, тогда длина сил $F_{_\Sigma}=6c M=60\kappa H$, $F_{_2}=1,5c M=15\kappa H$, $F_{_3}=3c M=30\kappa H$

Строим силовой многоугольник:



Ответ: $F_1 = 65,38 \kappa H$

Практическаяработа№2

Тема: «Плоская система произвольно расположенных сил»

Цель: провести расчет реакций опор заданной двухопорной балки и консоли.

Время выполнения: 180 минут.

Для выполнения работы необходимо знать:

Плоская система произвольно расположенных сил— это силы лежащие в одной плоскости, линии действия которых не пересекаются водной точке.

Данную систему можно преобразовать в систему сходящихся сил, которая характеризуется главным вектором $(F_{\it \Gamma\!\it I})$, и системой моментов, которая характеризуется главным моментом $(M_{\it \Gamma\!\it I})$.

$$F_{\scriptscriptstyle \Gamma\! J\! J} = \sqrt{X_{\scriptscriptstyle \Gamma\! J\! J}^{\,2} + Y_{\scriptscriptstyle \Gamma\! J\! J}^{\,2}}$$

где

$$X_{IJI} = \sum_{i=1}^{n} F_{ix}$$
 - сумма проекций всех сил на ось «х»;

$$Y_{IJI} = \sum_{i=1}^{n} F_{iy}$$
 - сумма проекций всех сил на ось «у»;

$$M_{_{I\!I\!I}} = \sum_{i=1}^{n} M_{_{0}} ig(F_{_{i}}ig)$$
 - сумма моментов всех сил относительно любой точки.

Для равновесия этой системы сил необходимо и достаточно, чтобы равнялись нулю $F_{{}_{\!\mathit{\Gamma\!\!M}}}$ и $M_{{}_{\!\mathit{\Gamma\!\!M}}}$.

Существуют следующие формы равновесия:

$$1 \ \text{форма}: \begin{cases} \sum\limits_{i=1}^n F_{ix} = 0 \\ \sum\limits_{i=1}^n F_{iy} = 0 \end{cases} \ \text{- сумма проекций всех сил на две перпендикулярных сил и} \\ \sum\limits_{i=1}^n M_0(F_i) = 0 \end{cases}$$

сумма моментов всех сил относительно любой точки;

$$2 \text{ форма: } \begin{cases} \sum_{i=1}^n M_{_A}(F_i) = 0 \\ \sum_{i=1}^n M_{_B}(F_i) = 0 \end{cases} \text{ - сумма моментов всех сил относительно двух любых то-} \\ \sum_{i=1}^n F_{_{iy}} = 0 \end{cases}$$

чек и сумма проекций всех сил на ось;

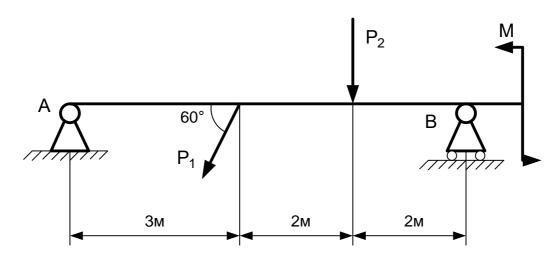
$$\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^n M_{_A}(F_i) = 0 \\ \sum\limits_{i=1}^n M_{_B}(F_i) = 0 \end{cases}$$
 форма: $\begin{cases} \sum\limits_{i=1}^n M_{_C}(F_i) = 0 \\ \sum\limits_{i=1}^n M_{_C}(F_i) = 0 \end{cases}$

чек, не лежащих на одной прямой.

Пример решения задач.

Пример 1

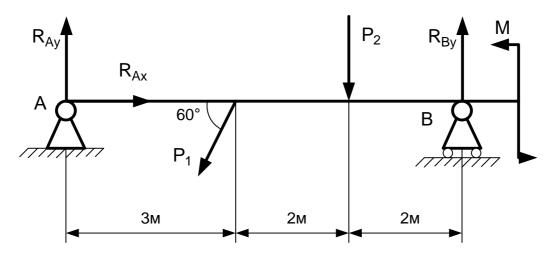
Определить реакции опор балки, на которую действуют нагрузки $P_{_1}=2\kappa H$, $P_{_2}=4\kappa H \;\; \text{и момент} \;\; M=16\kappa H\cdot m \,.$



Дано: $P_{_1}=2\kappa H$, $P_{_2}=4\kappa H$, $M=16\kappa H\cdot {\it M}$. Определить: $R_{_A}$, $R_{_B}$

Решение:

1. Составляем расчетную схему балки:



2. Для определения реакций опор А и В составляем уравнения равновесия

второй формы (2.3):

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} M_{A}(F_{i}) = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} M_{B}(F_{i}) = 0; \end{cases} \begin{cases} -P_{1} \cdot \sin 60^{\circ} \cdot 3 - P_{2} \cdot 5 + R_{By} \cdot 7 + M = 0 \\ -R_{Ay} \cdot 7 + P_{1} \cdot \sin 60^{\circ} \cdot 4 + P_{2} \cdot 2 + M = 0. \\ R_{Ax} - P_{1} \cdot \cos 60^{\circ} = 0 \end{cases}$$

Из системы уравнений:

$$R_{By} = \frac{P_1 \cdot \sin 60^\circ \cdot 3 + P_2 \cdot 5 - M}{7} = \frac{2 \cdot 0,866 \cdot 3 + 4 \cdot 5 - 16}{7} = 1,31\kappa H;$$

$$R_{Ay} = \frac{P_1 \cdot \sin 60^\circ \cdot 4 + P_2 \cdot 2 - M}{7} = \frac{2 \cdot 0,866 \cdot 4 + 4 \cdot 2 + 16}{7} = 4,42\kappa H;$$

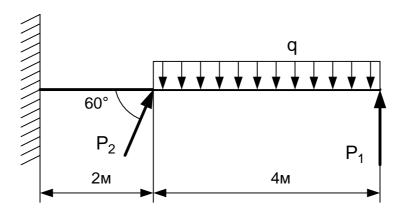
$$R_{Ax} = P_1 \cdot \cos 60^\circ = 2 \cdot 0,5 = 1,00\kappa H;$$

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{1^2 + 4,42^2} = 4,53\kappa H;$$

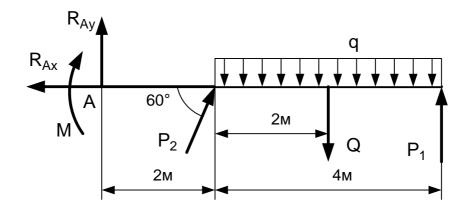
Ответ: $R_{A} = 4,53\kappa H$, $R_{B} = 1,31\kappa H$.

Пример 2

Определить реакцию консольной балки, нагруженной распределенной нагрузкой $q=4\frac{\kappa H}{M}$ и сосредоточенными силами $P_{_{\! 1}}=24\kappa H$, $P_{_{\! 2}}=16\kappa H$.



1. Составляем расчетную схему нагружения балки:



2. Для определения реакций консольной балки составляем следующие уравнения равновесия:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} F_{ix} = 0 \\ \sum_{i=1}^{n} F_{iy} = 0 \end{cases}; \begin{cases} -R_{Ax} + P_{2} \cdot \cos 60^{\circ} = 0 \\ R_{Ay} + P_{2} \cdot \sin 60^{\circ} - Q + P_{1} = 0 \\ -M + P_{2} \cdot \sin 60^{\circ} \cdot 2 - Q \cdot 4 + P_{1} \cdot 6 \end{cases}$$

$$Q = 4 \cdot q = 4 \cdot 4 = 16\kappa H$$

Из системы уравнений:

$$R_{Ax} = P_2 \cdot \cos 60^\circ = 16 \cdot 0,5 = 8\kappa H$$

$$R_{Ay} = -P_2 \cdot \sin 60^\circ + Q - P_1 = -16 \cdot 0,866 + 16 - 24 = 21,86\kappa H$$

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2} = \sqrt{8^2 + 21,86^2} = 23,28\kappa H$$

$$M = P_2 \cdot \sin 60^\circ \cdot 2 - Q \cdot 4 + P_1 \cdot 6 = 16 \cdot 0,866 \cdot 2 - 16 \cdot 4 + 24 \cdot 6 = 107,71 \kappa H \cdot M$$

Ответ: $R_{A} = 23,28\kappa H$, $M = 107,71\kappa H \cdot M$.

Практическая работа №3

Тема: «Центр тяжести плоских сечений»

Цель: Определение центра тяжести плоских сечений, составленных из прокатного профиля.

Время выполнения: 180 минут.

Последовательность решения задачи:

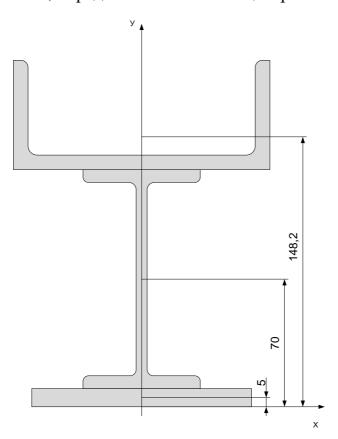
- 1) начертить заданное сложное сечение (фигуру), выбрать оси координат.
- 2) разбить сложное сечение на простые, для которых центры тяжести и силы тяжести известны;

- 3) определить необходимые данные для простых сечений:
- а) выписать из таблиц ГОСТа для каждого стандартного профиля необходимые справочные данные (h; b; d; A; для швеллера z_0) или определить площадь простого сечения;
- б) определить координаты центров тяжести простых сечений относительно выбранных осей координат;
 - в) определить статические моменты площади простых сечений;
 - 4) определить положение центра тяжести сложного сечения.

Пример решения задач.

Пример 1.

Для заданного плоского симметричного сечения, составленного из профилей стандартного проката, определить положение центра тяжести.



Дано: полоса 120×10 (ГОСТ 103-76); двутавр № 12 (ГОСТ 8239-89); швеллер № 14 (ГОСТ 8240-89).

Найти: $J_{\rm x}$; $J_{\rm v}$.

Решение:

1) Разбиваем сложное сечение на три простых сечения: 1 – полоса; 2 – дву-

тавр; 3 – швеллер.

- 2) Выписываем из таблиц ГОСТа и определяем необходимые данные для простых сечений:
 - Полоса 120×10; A_1 =120·10=1200 мм 2 =12 см 2 ; C_1 (0;0,5)
 - Двутавр № 12; A_2 =14,7 см²; $C_2(0; 7)$
 - Швеллер № 14; A_3 =15,6 см²; C_3 (0; 14,6)
 - 3) Находим статические моменты площади относительно оси 0х:

$$S_{x1} = A_1 \cdot y_1 = 12 \cdot 0.5 = 6cM^3$$

 $S_{x2} = A_2 \cdot y_2 = 14.7 \cdot 7 = 102.9cM^3$
 $S_{x3} = A_3 \cdot y_3 = 15.6 \cdot 14.82 = 231.19cM^3$

4) Определяем сумму площадей простых сечений:

$$\sum A = A_1 + A_2 + A_3 = 12 + 14,7 + 15,6 = 42,3cm^2$$

5) Определяем положение центра тяжести сложного сечения:

$$x_{c} = \frac{\sum S_{y}}{\sum A} = \frac{0}{42,3} = 0cM$$

$$y_{c} = \frac{\sum S_{x}}{\sum A} = \frac{6 + 102,9 + 231,19}{42,3} = 8,04cM$$

Ответ: С (0;8,04)

КИНЕМАТИКА

Практическая работа№4

Тема: «Параметры движения точки»

Цель: Определение параметров движения точки по заданному закону движения и построение кинематических графиков движения.

Время выполнения: 180 минут.

Для выполнения работы необходимо знать:

Кинематика – раздел механики, изучающий параметры движения тела без учета

действующих на него сил.

Параметры движения точки:

1. Закон движения – это зависимость расстояния от времени

$$S = f(t)$$

2. Скорость точки — это векторная величина, характеризующая быстроту перемещения точки (тела). Скорость всегда направлена по касательной к траектории движения и определяется:

$$V = S'(t)$$

3. Ускорение точки — это векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости точки (тела). Ускорение раскладывается на две перпендикулярных величины: касательное (тангенциальное) и нормальное (центростремительное) ускорения.

Касательное ускорение направлено по касательной к траектории движения, характеризует изменение величины скорости и определяется:

$$a_{t} = V'(t) = S''(t)$$

Нормальное ускорение направлено по радиусу к центру траектории движения, характеризует изменение направления скорости и определяется:

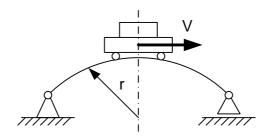
$$a_n = \frac{V^2}{r}$$

4. Траектория движения – это геометрическое место положений тела в каждый момент времени.

Пример решения задач:

Пример 1:

Автомобиль движется по круглому арочному мосту радиуса r=50 м согласно уравнению $S = 0.2t^3 - t^2 + 0.6t$ (S - [m], t - [c]).



Построить графики перемещения, скорости и касательного ускорения для первых пяти секунд движения. На основании анализа построенных графиков указать: участки ускоренного и замедленного движения. Определить полное ускорение автомобиля в момент времени 2 секунды.

Дано:

Закон движения автомобиля $S = 0.2t^3 - t^2 + 0.6t$; t = 5 с.

Найти: v_0 , a_{t0} ; t при v = 0, $a_t = 0$; a при t = 2 с.

Решение:

1. Находим уравнения скорости:

$$v = \frac{dS}{dt} = (0.2t^3 - t^2 + 0.6t) = 0.6t^2 - 2t + 0.6t$$

при t = 0 мин $v_0 = 0.6$ м\c;

при
$$v = 0$$
 0,6 t^2 -2 t +0,6=0

отсюда

$$t_{1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{4 - 4 \cdot 0, 6 \cdot 0, 6}}{2 \cdot 0, 6} = \frac{2 \pm 1, 6}{1, 2}$$
$$t_1 = 3c; \ t_2 = 0,33c.$$

2. Находим уравнение ускорения

$$a_t = \frac{dv}{dt} = (0.6t^2 - 2t + 0.6) = 1.2t - 2$$

при t = 0 мин $a_t = -2$ м\с²;

при
$$a_t = 0$$
 1,2 $t - 2 = 0$

отсюда

$$t = 1.7$$

3. Для построения графиков составляем сводную таблицу численных значений параметров движения автомобиля.

Значения t; c	0	1	2	3	4	5
$S = 0.2t^3 - t^2 + 0.6t$; M	0	-0,2	-1,2	-1,8	-0,8	3
$v = 0.6t^2 - 2t + 0.6$; m\c	0,6	-0,8	-1	0	2,2	5,6
$a_{t} = 1,2t - 2$; m\c2	-2	-0,8	0,4	1,6	2,8	4

4. Определяем полное ускорение автомобиля в момент времени 2 секунды

$$a = \sqrt{a_{*}^{2} + a_{*}^{2}}$$

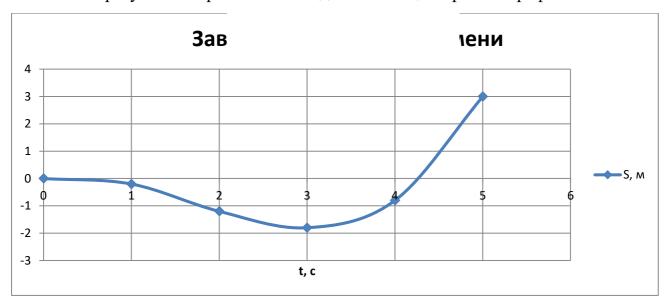
$$a_{12} = 0.4 \text{ M/c}^2; \ a_{12} = \frac{V_{12}^2}{r} = \frac{(-1)^2}{50} = 0.02 \text{ M/c}^2;$$

Отсюда

$$a = \sqrt{0.4^2 + 0.02} = 0.4 \,\mathrm{M/c^2}.$$

Otbet: $v_0 = 0.6 \text{ m/c}$; v = 0, $t_1 = 3 \text{ c}$, $t_2 = 0.3 \text{ c}$; $a_t = 0$, t = 1.7 c; $a_2 = 0.4 \text{ m/c}^2$

5. По результатам расчета из сводной таблицы строятся графики:







Практическая работа № 5.

Тема: «Движение тела вокруг неподвижной оси».

Цель: Определение параметров движения тела вокруг неподвижной оси.

Время выполнения: 90 минут.

Для выполнения работы необходимо знать:

Для всех вариантов применяется понятие средней скорости, которая (независимо от вида движения) определяется как результат деления пути, пройденного точкой (или телом) по всей траектории движения, на все затраченное время. Решая задачу, рекомендуется разбить весь пройденный путь при движении точки (или тела) на участки равномерного, равноускоренного или равнозамедленного движения в зависимости от условия данной задачи.

При вращательном движении тела необходимо уметь переходить от числа оборотов к радианному измерению угла поворота и наоборот:

$$\varphi = 2\pi \cdot \varphi_{o\delta}$$

$$\varphi_{o\delta} = \frac{\varphi}{2\pi}$$

где φ – угол поворота тела;

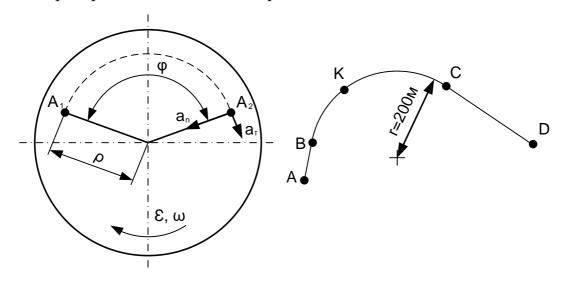
 $\varphi_{o\delta}$ — число оборотов.

Переход от одних единиц угловой скорости к другим:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \, pa \partial / c$$

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{n} o \delta / MUH$$

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, центры которых расположены на оси вращения тела.



$$S = r \cdot \varphi$$

$$v = r \cdot \omega$$

$$a_{\scriptscriptstyle t} = r \cdot \varepsilon$$

$$a_n = \omega^2 \cdot r,$$

где s – расстояние, пройденное точкой по дуге окружности (${}^{\bigcup A_1 A_2 = S}$);

 φ — угол поворота тела, рад;

r — расстояние точки до оси вращения тела;

 ω – угловая скорость;

 ε – угловое ускорение;

 υ – окружная скорость точки в данный момент времени;

 a_{t} — касательное ускорение точки;

 a_{n} — нормальное ускорение точки.

При равнопеременном вращении тела ($\epsilon > 0$ – равноускоренное вращение; $\epsilon < 0$ – равнозамедленное вращение):

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2};$$
$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$$

Для удобства решения задач из уравнений преобразуем

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{\omega + \omega_0}{2} \cdot t ;$$

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon} ;$$

Для случая равнопеременного вращения, начавшегося из состояния покоя (при $\varphi_0=0$ и $\omega_0=0$), выражения будут иметь вид:

$$\varphi = \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2} ;$$

$$\varphi = \frac{\omega^2}{2\varepsilon}$$

Пример решения задач:

Пример 1

Дано: Тело начало вращаться из состояния покоя и через 15 с его угловая скорость достигла 30 рад/с. С этой угловой скоростью тело вращалось 10 с равномерно, а затем стало вращаться равнозамедленно в течение 5 с до полной остановки.

Найти: число оборотов и среднюю угловую скорость тела за все время вращения; окружную скорость точек тела, расположенных на расстоянии $^{r\,=\,0,5}$ м от оси вращения тела через 5 с после начала движения.

Решение:

- 1. Разграничиваем вращательное движение данного тела на участки равноускоренного, равномерного и равнозамедленного движения. Определяем параметры вращательного движения тела на этих участках.
 - Равноускоренное вращение (участок 1):

$$\varepsilon_{1} = \frac{\omega_{1}}{t_{1}} = \frac{30}{15} = 2pa\partial/c^{2};$$

$$\varphi_{1} = \varepsilon_{1} \cdot \frac{t_{1}^{2}}{2} = 2 \cdot \frac{15^{2}}{2} = 225pa\partial;$$

$$\varphi_{o\delta 1} = \frac{\varphi_{1}}{2\pi} = \frac{225}{6,28} = 35,8o\delta$$

- Равномерное вращение (участок 2):

$$\omega_2 = \omega_1$$

$$\varphi_2 = \omega_2 \cdot t_2 = 30 \cdot 10 = 300 \, pad$$

$$\varphi_{o62} = \frac{\varphi_2}{2\pi} = \frac{300}{6.28} = 47,706$$

- Равнозамедленное вращение (участок 3):

$$\omega_{3} = \omega_{2} = \omega_{1}$$

$$\varepsilon_{3} = -\frac{\omega_{3}}{t_{3}} = -\frac{30}{5} = -6pa\partial/c^{2}$$

$$\varphi_{3} = \omega_{3} \cdot t_{3} + \frac{\varepsilon_{3} \cdot t_{3}^{2}}{2} = 30 \div 5 - \frac{6 \cdot 25}{2} = 75pa\partial$$

$$\varphi_{o63} = \frac{\varphi_{3}}{2\pi} = \frac{75}{6,28} = 11,9o\delta$$

2. Определяем полное число оборотов тела за все время вращения:

$$\varphi_{o\delta} = \varphi_{o\delta1} + \varphi_{o\delta2} + \varphi_{o\delta3} = 35.8 + 47.7 + 11.9 = 95.406$$

3. Определяем среднюю угловую скорость тела за все время вращения:

$$\omega_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{225 + 300 + 75}{15 + 10 + 5} = \frac{20 pao}{c}$$

4. Определяем окружную скорость точек тела, расположенных на расстоянии $r=0.5\,$ м от оси вращения через 5 с после начала движения тела:

$$\varepsilon_5 = \varepsilon_1$$

$$\omega_5 = \varepsilon_1 \cdot t_5 = 2 \cdot 5 = 10 \, pa \partial / c;$$

$$v_5 = \omega_5 \cdot r = 10 \cdot 0.5 = 5 \, m/c.$$

ДИНАМИКА

Практическая работа № 6

Тема: «Основной закон динамики и принцип Даламбера».

Цель: Определение параметров движения тела с помощью основного закона динамики и методом кинетостатики.

Время выполнения: 180 минут.

Для выполнения работы необходимо знать:

Основной закон динамики: «Ускорение, приобретенное телом под действи-

ем некоторой силы, пропорционально величине этой силы и направлено в ту же сторону».

$$F_{\rm v} = m \cdot a_{\rm v}$$
,

где $F_{\Sigma} = \sqrt{F_{\Sigma x}^2 + F_{\Sigma y}^2}$ — равнодействующая сила, равная сумме квадратов проекций равнодействующей на две перпендикулярных оси;

m — масса тела;

 $a_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} a_{i}$ — ускорение, приобретенное телом под действием нескольких сил (аксиома о независимости действия сил).

Принцип Даламбера:

Активные силы, реакции связей (опор) и сила инерции образуют уравновешенную систему сил, т.е. если к силам, действующим на тело, движущееся с ускорением, добавить силу инерции, то их можно представить в равновесии

$$\sum_{i=1}^{n} F_{i} + \sum_{i=1}^{n} R_{i} + F_{uh} = 0$$

где $\sum_{i=1}^{n} F_i$ – геометрическая сумма внешних сил;

 $\sum_{i=1}^{n} R_{i}$ — геометрическая сумма реакций связей(опор);

 F_{i} — сила инерции, которая определяется:

Пример решения задач.

Пример1.

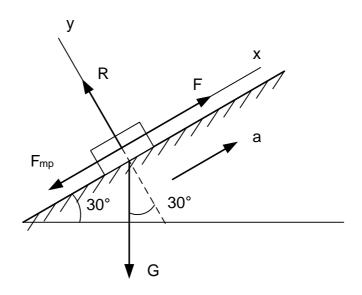
Тело массой $m=60\,\mathrm{kr}$ перемещается по наклонной поверхности с ускорением $a=4m/c^2$ с помощью силы F . Определить силу тяги F , если коэффициент трения $f_{mp}=0.2$.

Дано:
$$m = 60$$
 кг, $a = 4M/c^2$, $f_{mp} = 0.2$

Определить: *F*

Решение:

1. С применением основного закона динамики.



$$F_{\Sigma} = m \cdot a$$

где
$$F_{\scriptscriptstyle \Sigma} = \sqrt{F_{\scriptscriptstyle \Sigma x}^2 + F_{\scriptscriptstyle \Sigma y}^2}$$

 $F_{\Sigma y} = R - G \cdot \cos 30^{\circ} = 0$, так как $a_y = 0$ (тело движется по оси х);

$$R = G \cdot \cos 30^{\circ} = mg \cdot \cos 30^{\circ} = 60 \cdot 9,81 \cdot 0,866 = 510H$$

$$F_{\Sigma x} = F - F_{mp} - G \cdot \sin 30^{\circ} = m \cdot a_{\Sigma};$$

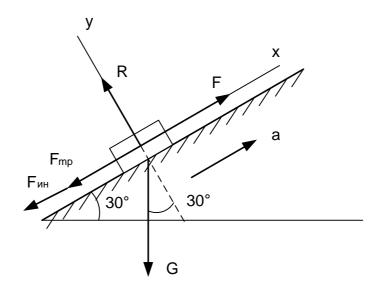
$$F_{mp} = f \cdot R = 0.2 \cdot 510 = 102H$$
;

$$a_{\Sigma}=a_{x}=a$$
;

$$F = F_{mp} + G \cdot \sin 30^{\circ} + m \cdot a = 102 + 60 \cdot 9,81 \cdot 0,5 + 60 \cdot 4 = 636,3H;$$

Ответ: F = 636,3H

2. С применением принципа Даламбера (рис.6.1 б).



Так как тело движется вдоль оси X, то

 $a_x = 0$, следовательно $F_{yuu} = 0$;

$$\sum_{i=1}^{n} F_{i} + \sum_{i=1}^{n} R_{i} + F_{uu} = 0$$

$$F - F_{mp} - F_{xuu} - G \cdot \sin 30^{\circ} = 0;$$

$$F - f \cdot R - m \cdot a_{x} - mg \cdot \sin 30^{\circ} = 0;$$

$$F = f \cdot mg \cdot \cos 30^{\circ} + m \cdot a_{x} + mg \cdot \sin 30^{\circ}$$

$$a_{x} = a = 4m/c^{2}$$

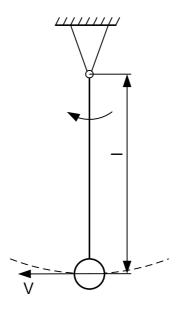
$$F = 0.2 \cdot 60 \cdot 9.81 \cdot 0.866 + 60 \cdot 4 + 60 \cdot 9.81 \cdot 0.5 = 636.3H$$

Ответ: F = 636,3 H

Пример 2.

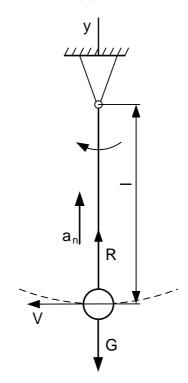
Дано:V=7,5м/с, m=200кг, l=4м

Определить реакцию нити.



Решение:

1. С применением основного закона динамики.



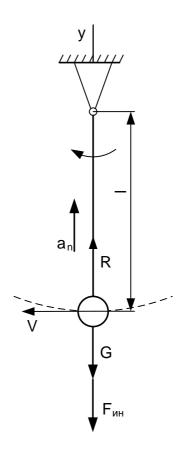
$$F_{\Sigma} = m \cdot a_{\Sigma},$$

$$F_{\Sigma} = F_{\Sigma y} = R - G, \ R = F_{\Sigma y} + G$$

$$a_{\Sigma} = a_{n} = \frac{V^{2}}{r}, \ r = l$$

$$R = m \cdot a_{\Sigma} + mg = m(a_{n} + g) = 20 \cdot \left(\frac{7.5^{2}}{4} + 9.81\right) = 477.5H$$

2. С применением принципа Даламбера.



$$R - G - F_{un} = 0;$$

$$R = G + F_{un} = mg + na_n = m\left(g + \frac{V^2}{l}\right);$$

$$R = 20 \cdot \left(9,81 + \frac{7,5^2}{4}\right) = 477,4H$$

Ответ: R = 477,4H.

Практическая работа № 7

Тема: «Общие теоремы динамики».

Цель: Определение параметров движения тела с помощью общих теорем динамики.

Время выполнения: 90 минут.

Для выполнения работы необходимо знать:

- Работа постоянной силы F на прямолинейном участке пути S определяется по формуле $W = F \cdot S$ (направление силы совпадает с направлением перемещения);
 - Мощность это работа, совершённая в единицу времени

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot S}{t},$$

откуда часто применяемая для расчёта формула определения мощности

$$P = F \cdot V$$

- КПД – это отношение полезной мощности ко всей затраченной

$$\eta = \frac{P_{non}}{P_{non}}$$

При решении некоторых задач учитываются силы трения скольжения, при определении которых следует знать, что

$$F_{mn} = f \cdot R_{n}$$

где $R_{_{n}}$ — сила нормального давления; f — коэффициент трения (приведенный коэффициент сопротивления движению).

Основными элементами динамики при решении 3-й задачи являются: теорема об изменении количества движения, теорема об изменении кинетической энергии при поступательном движении тела и теорема об изменении кинетической энергии при вращательном движении твёрдого тела.

Если точка массой m, находясь под действием постоянной силы F в течении времени t, двигается прямолинейно, то теорема об изменении количества движения выражается формулой

$$mV - mV_0 = F \cdot t ,$$

где $mV - mV_0$ — величина изменения проекции количества движения на ось, совпадающую с направлением движения;

 $F \cdot t$ – проекция импульса силы на ту же ось.

Если, рассматривая действие силы F на материальную точку массой m, учитывать непродолжительность её действия, а протяжённость, то есть то расстояние, на котором действует сила, то получим теорему об изменении кинетической энергии точки

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0}{2} = W,$$

где W – работа всех сил, приложенных к точке;

 $\frac{mV^{2}}{2}u\frac{mV_{0}}{2}$ — кинетическая энергия точки в начале и конце действия сил.

Изменение кинетической энергии при вращательном движении тела также равно работе, но при вращении. Здесь работа производится не силой, а моментом силы при повороте твёрдого тела на некоторый угол ϕ , т.е. $W=M_{_{gp}}\cdot \varphi$ и тогда закон изменения кинетической энергии твёрдого тела при вращении

$$M_{sp} \cdot \varphi = \frac{I_z \cdot \omega^2}{2} - \frac{I_z \cdot \omega_0^2}{2},$$

где I_z — момент инерции твёрдого тела относительно оси Z;

 $\omega_{\scriptscriptstyle 0}$, ω — угловые скорости соответственно в начале и конце вращения.

При решении задач рекомендуется такая последовательность:

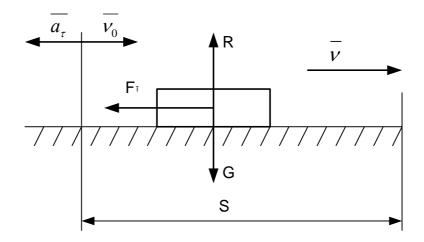
- 1. Выделить точку, движение которой рассматривается в данной задаче.
- 2. Выяснить, какие активные силы действуют на точку, и изобразить их на рисунке.
 - 3. Освободить точку от связей, заменив их реакциями.
- 4. Выбрать расположение осей координат и, применив необходимый закон или теорему, решить задачу.

Пример решения задачи.

Для остановки поезда, движущегося по прямолинейному участку пути со скоростью $V = 10 \, \text{м/c}$, производится торможение. Через сколько секунд остановится поезд, если при торможении развивается постоянная сила сопротивления, равная 0,02 силы тяжести поезда? Какой путь поезд пройдёт до остановки?

Решение:

Поезд совершает поступательное движение. Рассматривая его как материальную точку M, движущуюся в направлении оси 0x, укажем действующие силы: G — сила тяжести поезда, R_n — нормальная реакция рельсов, $F_{\rm T}$ — сила сопротивления, направленная противоположно вектору скорости. Силы G и R_n уравновешиваются согласно аксиоме действия и противодействия.



По теореме об изменении количества движения материальной точки в проекции на ось 0x

$$mV - mV_0 = -F \cdot t$$

Так как F=0.02G=0.02mg , $t_{_0}=0$, $V_{_0}=10$ м/с , V=0 , получим $-mV_{_0}=-0.02mg\Delta t$ Откуда

$$t = \frac{V_0}{0,02g} = \frac{10}{0,02 \div 9,81} = 51c$$

Для определения пройденного пути поездом до его остановки воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = F \cdot S \cdot \cos\alpha,$$

Работа сил торможения отрицательна $(\angle \alpha = FV = 180^{\circ}, \cos \alpha = -1)$, поэтому

$$-\frac{mV_0^2}{2} = -0.02mgS$$

и путь, пройденный поездом:

$$S = \frac{V_0^2}{2 \cdot 0.02 \cdot g} = \frac{10^2}{2 \cdot 0.02 \cdot 9.81} = 225 \text{ M}$$

Ответ: $S = 225 \,\mathrm{M}$.

Приложения

Индивидуальные задания для выполнения практической работы №1приведены в таблицах 1 и 2. Работа состоит из двух задач.

Задача 1
Определить неизвестную силу согласно исходным данным (табл.1).
Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1.

Вариант	Схема	P_1,H	P_2,H	P ₃ ,H	F_{Σ}	α1,град	α2,град	αз,град
1		10	10	10		15	15	15
2	У	10	15	20		45	80	60
3	P_2 P_1	20	15	10		45	45	90
4		34	80	20		60	120	270
5	α_2 α_1	16	32	48	?	20	60	30
6	x	8	12	24		30	90	45
7	P_3	15	30	15		25	120	120
8	,	25	20	10		70	270	180
9	l	40	60	60		90	35	210
10		20	20	40		180	40	150
11		100	50		250	45	30	20
12	у	180	60		240	60	45	40
13		120	40		100	90	60	60
14	F_{Σ} P_{1}	240	80	_	160	120	15	80
15	α_3 α_1	200	100	?	300	150	90	100
16	x	360	90		270	180	100	120
17	P_3 / α_2	400	200		300	210	120	140
18	P_3 Q_2 P_2	250	150		200	240	140	160
19		300	200		400	270	160	180
20		320	160		400	300	180	200
21		24		12	6	15	15	15
22		32		24	12	30	30	30
23	у	16		16	8	45	45	45
24	\mathbf{p}_3	9		18	27	60	60	60
25	P ₁	18		27	36	90	60	45
26	α_2 α_1	12	?	11	33	25	90	120
27	α_3 x	28		14	14	120	75	180
28	F_{Σ}	250		50	100	30	45	180
29	\	300		100	400	60	30	270
30		100		200	340	45	90	360
31		120		180	200	70	120	320
32		180		90	270	90	180	210

Задача 2К шарниру В прикреплен трос, перекинутый через блок, несущий груз Р.
Определить усилия в стержнях АВ, ВС. Данные приведены втаблице.1.2.

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 2.

Вари-	Схема	Р,кН	α,град	β,град	Ү,град
ант					
1		10	90	40	105
2		90	75	30	30
3 4 5	L. B	40	120	15	135
4	A	20	150	15	40
	$\Box a$ / \Box	60	45	90	50
6		35	60	105	60
7	$ _{\beta}$	55	120	30	75
8		50	45	125	90
9	ſC □ ····	75	30	60	60
10		30	45	75	45
11		300	30	30	45
12	$A \bigvee_{\alpha}$	400	45	60	90
13		200	60	45	120
14	\ γ	500	90	15	150
15		600	15	40	30
16	В	250	30	60	60
17	C MP	350	60	75	90
18	C <u>P</u>	240	45	90	120
19	l	320	90	30	45
20		440	30	45	60
21		15	20	30	-
22		35	30	120	-
23	$A \bigvee \alpha$	40	45	90	-
24	\	60	60	45	-
25	β C	80	75	150	-
26	B	180	90	180	-
27	ь .	240	25	60	-
28	\bowtie	150	40	90	-
29		190	60	45	-
30	$\mathbf{P} $	200	90	120	-
31	<u></u>	25	120	90	-
32		35	30	60	-

Индивидуальные задания для выполнения практической работы №2 приведены в таблицах 3 и 4. Работа состоит из двух задач.

Задача 3. Определить реакции опор балки.

Таблица 3 – Исходные данные для задачи 3.

Вариант	Cxe	ма		P ₁ ,	Р2,кН	М,кН·м	α,	а, м	b, м	c, M
				кН			град			
1	M	م حا		2	16	10	30	3	2	2
2		$P_1 \qquad P_2 \qquad Q_2$	В	4	2	15	60	3	3	1
3	<u> </u>		1 1	6	14	20	45	2	3	2
4	<i>→</i>		777.	8	6	25	30	4	3	2

5		10	12	30	60	4	4	4
6		12	8	35	45	3	3	3
7		14	10	40	30	2	2	2
8		16	12	45	90	3	4	3
9	M	2	7	5	60	3	2	2
10	P_{1}	4	10	8	30	3	3	1
11		6 8	14	12	45	2	3	2
12	\Rightarrow $P_2 \uparrow \Rightarrow$	8	4	15	30	4	3	2
13		10	8	18	60	4	4	4
14	 	12	7	20	45	3	3	3
15		14	12	24	60	2	2	2
16		16	6	30	90	3	4	3
17	P_2 M P_1	2	7	5	60	3	2	2
18	$\alpha \lambda$	4	10	10	30	3	3	1
19	A W B	6	14	15	45	2	3	2
20	77.	8	4	20	30	4	3	2
21	<u>a</u> <u>b</u> <u>c</u>	10	8	25	60	4	4	4
22		12	7	30	45	3	3	3
23		14	12	35	60	2	2	2
24		16	6	40	90	3	4	3
25	17	2	7	5	60	3	2	2
26	M P_2	4	10	10	30	3	3	1
27	A B B	6	14	15	45	2	3	2
28		8	4	20	30	4	3	2
29	a b c	10	8	25	60	4	4	4
30	 	12	7	30	45	3	3	3
31		14	12	35	60	2	2	2
32		16	6	40	90	3	4	3

Задача 4. Определить реакцию и реактивный момент консольной балки.

Таблица 4 – Исходные данные для задачи 4.

Вариант	Схема	q,	P_1 ,	P_2 , H	M,	α,	a,	b,
		H/M	Н		Н∙м	град	M	M
1	P_I	1	4	12		30	2	4
2	$a \nearrow P_2$	2	6	8		45	4	4
3	u (→	3	8	6		60	3	6
4	A A A A	4	2	10	-	30	2	6
5		1	10	2		60	4	6
6	$\frac{g}{l}$	2	12	12		45	3	5
7	$\begin{array}{c} a \\ \end{array}$	3	14	8		90	2	5
8		4	16	6		0	4	5
9	P_I M	3	2		15	30	2	4
10	$\alpha \nearrow$	4	8		20	45	4	4
11		5	10		25	60	3	6
12	lacksquare	6	12	-	30	30	2	6
13	g	7	18		36	45	4	6
14	a b	8	20		40	60	3	5
15	1 7	9	24		16	30	2	5
16		10	30		22	0	4	5

17	P_{I}	1	2	12		30	2	4
18		2	8	8		45	4	4
19	* * * * * * * * * * * * * * * * * * *	3	10	6		60	3	6
20	$ ightharpoons P_2$	4	12	10	-	30	2	6
21		5	18	2		45	4	6
22	b a	6	20	12		60	3	5
23		7	24	8		90	2	5
24		8	30	6		0	4	5
25	$M \qquad P_1$	1	2	12		30	2	4
26	$a \lambda^{r_1}$	2	8	8		45	4	4
27		3	10	6		60	3	6
28	 	4	12	10	-	30	2	6
29		5	18	2		45	4	6
30	$\begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix}$	6	20	12		60	3	5
31	}	7	24	8		90	2	5
32		8	30	6		0	4	5

Индивидуальные задания для выполнения практической работы №3 приведены на схемах 1, 2 и в таблице 5. Работа состоит из одной задачи.

Задача 5.

Для заданных плоских симметричных сечений, составленных из профилей стандартного проката определить положение центра тяжести сечения.

Данные своего варианта взять из таблицы данных к задаче.

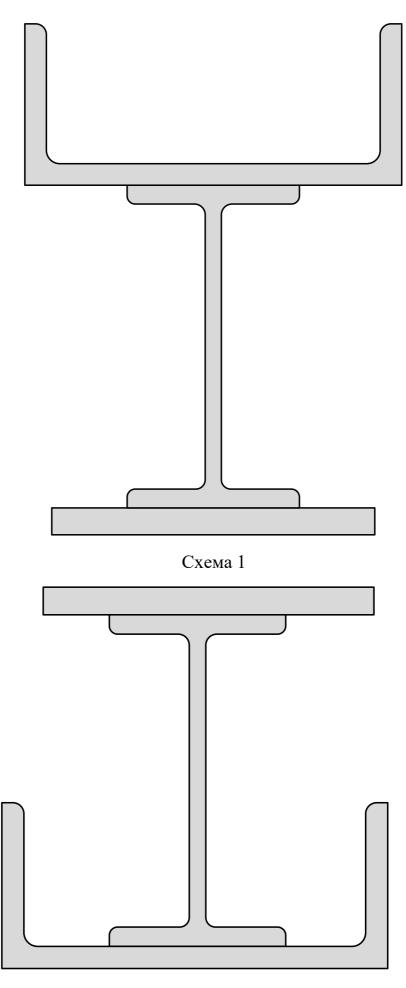


Схема 2

Таблица 5 – Данные к задаче 5

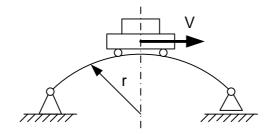
№ двутавра	30	20	18	22	27	№ швеллера	Полоса, h×b, мм	Расчетная схема (рис.3.1)
	01	02	03	04	05	12	140×10	a
14e	06	07	08	09	10	14	150×12	б
нта задаче	11	12	13	14	15	20	160×12	a
№ варианта анные к задя	16	17	18	19	20	22	160×10	б
№ вар) и данные	21	22	23	24	25	24	150×10	a
ИИ	26	27	28	29	30	30	300×16	б
	31	32				16	420×20	a

Обратите внимание, что, все геометрические параметры швеллера даны в ГОСТ при вертикальном положении его стенки. При повороте швеллера на угол 90° , все его геометрические параметры заданные относительно оси X меняются на параметры заданные относительно оси Y.

Индивидуальные задания для выполнения практической работы №4 приведены на рисунке в таблице 6. Работа состоит из одной задачи.

Задача 6.

Автомобиль движется по круглому арочному мосту радиуса r согласно уравнению $S=At^3+Bt^2+Ct+D$ (S-[m], t-[c]).



Построить графики перемещения, скорости и касательного ускорения для первых пяти секунд движения. На основании анализа построенных графиков указать: участки ускоренного и замедленного движения. Определить полное ускорение автомобиля в момент времени две секунды.

Данные своего варианта взять из табл. 6

Таблица 6. –Данные к задаче 6

Α	0,2	0,5	0,3	0,1	0,4	В	D

(C	3	-1	2	-4	5		
r	M	30	20	60	40	10		
		01	02	03	04	05		
		06	07	08	09	10	2	12
No none		11	12	13	14	15	-8	14
	ианта и	16	17	23	24	20	-6	16
задачи		21	22	18	19	25	2	-5
		26	27	28	29	30	3	-1
		31	32				-1	8

Индивидуальные задания для выполнения практической работы №5 приведены в таблице 7. Работа состоит из двух задач.

Таблица 7. Данные к задаче 7, 8

Вариант	Задача
1	1, 9
2	2, 10
3	3, 11
4	4, 12
5	5, 13
6	6, 14
7	7, 15
8	8, 16
9	9, 17
10	10, 1
11	11, 2
12	12, 3
13	13 ,4
14	14, 5
15	15, 6
16	16, 7
17	17,8

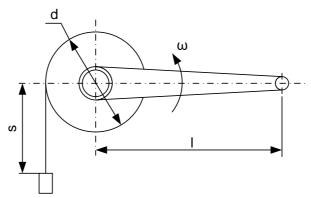
Задачи 7, 8

- 1. Шкив диаметром d = 400 мм в течение 10 с вращался с постоянной угловой скоростью $\omega_0 = 8$ рад/с. Затем стал вращаться равноускоренно и через 12 с равноускоренного вращения его угловая скорость достигла $\omega_1 = 14$ рад/с. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время вращения; 2) окружную скорость точек, расположенных на ободе шкива, через 6 с после начала равноускоренного движения.
- 2. Вал диаметром d=500 мм в течение 5с вращался с постоянной угловой скоростью $\omega_0=20\,$ рад/с, после чего стал замедлять своё вращение с постоянным

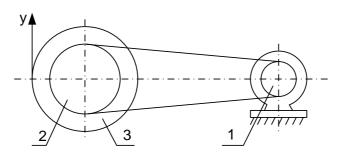
угловым ускорением. Через 10 с после начала равнозамедленного вращения угловая скорость вала стала $\omega_1 = 10$ рад/с. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость вала завсё время вращения; 2) окружную скорость точек, расположенных на поверхности вала, через 4 с после начала равнозамедленного вращения.

- 3. Тело, замедляя вращение с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 2\,\mathrm{pag/c^2}$ через 14 с снизило свою угловую скорость до величины $\omega = 12\,$ рад/с, после чего вращалось равномерно с этой угловой скоростью в течение 10 с. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время вращения; 2) окружную скорость точек тела, расположенных на расстоянии $r=1\,$ м от его оси вращения за 4с до начала равномерного вращения.
- 4. Ротор диаметром d = 200 мм начал вращение из состояния покоя с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 4$ рад/с² и через некоторое время достиг угловой скорости $\omega = 40$ рад/с, после чего с этой угловой скоростью сделал 510 оборотов. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время вращения; 2) окружную скорость точек, расположенных на поверхности ротора, через 8 с после начала вращения.
- 5. Двигатель, ротор которого вращался с частотой 430 об/мин, был отключён от источника питания и через 40 с снова подключён к источнику тока. За время при равнозамедленном вращении ротора его угловая скорость снизилась до 5 рад/с. После подачи электроэнергии ротор двигателя, вращаясь равноускоренно, через 10 с снова приобрёл частоту вращения 430 об/мин. Определить: 1) число оборотов и среднюю угловую скорость за всё время равнозамедленного и равноускоренного вращения ротора двигателя; 2) окружную скорость точек, расположенных на поверхности ротора, через 30 с после отключения источника тока, если диаметр ротора d = 200 мм.
- 6. Рукоять для вращения барабана длиной l = 0.5 м, оказавшись свободной начинает вращаться под действием груза с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 12$ рад/ c^2 и через определённое время приобретает частоту вращения n = 600

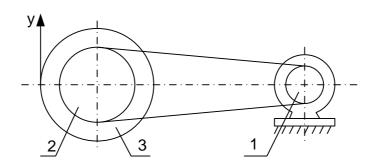
об/мин. За это время груз проходит расстояние S=5 м. Определить время вращения барабана, его диаметр и нормальное ускорение конца рукоятки.



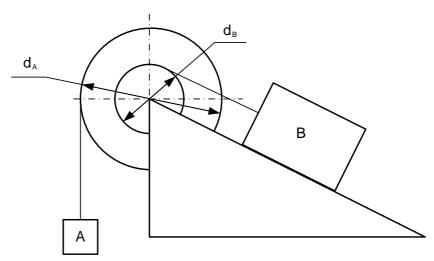
7. Дисковая пила имеет диаметр $d_3 = 0{,}45\,$ м. на вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2 = 0{,}36\,$ м, приводимый в движение бесконечным ремнём от электродвигателя со шкивом 1, частота вращения которого $n_1 = 1500\,$ об/мин, линейная скорость зубьев пилы $v = 30\,$ м/с. Определить нормальное ускорение a_n на зубьях пилы и диаметр шкива 1.



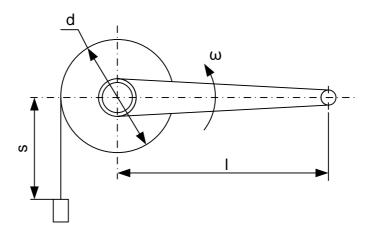
8. Дисковая пила имеет диаметр $d_3 = 0.4$ м. на вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2 = 0.3$ м, приводимый в движение бесконечным ремнём от электродвигателя со шкивом 1, частота вращения которого $n_1 = 3000$ об/мин, линейная скорость зубьев пилы v = 38 м/с. Определить нормальное ускорение a_n на зубьях пилы и диаметр шкива 1.



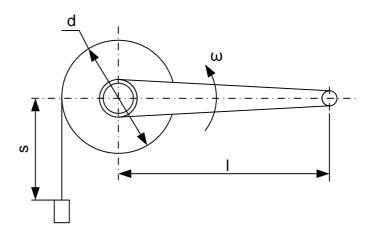
9. Грузы A и B связаны нерастяжимым тросом, намотанным на ступенчатый барабан. Груз A поднимается с постоянным ускорение $a_A = 2 \text{ м/c}^2$. Определить угловые скорость и ускорение барабана в момент, когда груз B имеет скорость $v_B = 6 \text{ м/c}$. Определить так же путь, пройденный грузом B из состояния покоя до достижения этой скорости, если $d_B = 0.3 \text{ м}$, $d_A = 0.5 \text{ м}$.



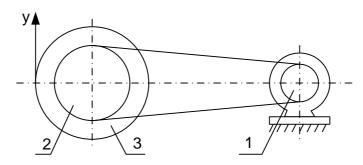
10. Рукоять для вращения барабана диаметром d = 0.2 м, оказавшись свободной начинает вращаться с постоянным угловым ускорением под действием груза, который проходит расстояние S = 16 м за время t = 4с. Нормальное ускорение конца рукоятки $a_n = 120$ м/с². Определить длину рукоятки l, и её угловое ускорение ε и частоту вращения n.



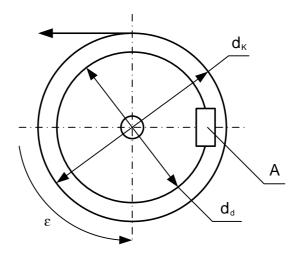
11. Рукоять для вращения барабана длиной $l=0,6\,$ м, а диаметр барабана $d=0,36\,$ м. Барабан под действием груза начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon=12\,$ рад/с 2 и через время $t=6\,$ с приобретает частоту вращения n . Определить частоту вращения барабана и нормальное ускорение конца рукоятки, а также путь, пройденный грузом за это время.



12. Дисковая пила имеет диаметр $d=400\,$ мм. На вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2=300\,$ мм, приводимый в движение бесконечным ремнём от электродвигателя со шкивом 1, диаметром $d_1=120\,$ мм. Шкив 1 делает $n_1=3000\,$ об/мин. Определить линейную скорость зубьев пилы и их нормальное ускорение. Скольжением ремня пренебречь.

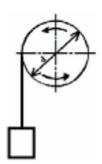


13. Колесо автомобиля вращается на стенде равноускоренно в течение времени t=5 с. Окружная скорость при этом составила $v=100\,$ км/ч. Определить касательное ускорение во время разгона и нормальное ускорение в конце разгона балансировочного грузика A, укреплённого на диске, если $d_{\scriptscriptstyle K}=550\,$ мм, $d_{\scriptscriptstyle D}=400\,$ мм.

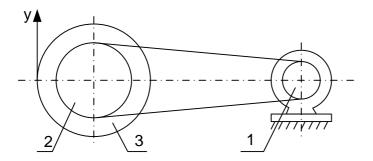


14. Маховик диаметром d=1,3 м, начав равноускоренное вращение из состояния покоя, за время $\Delta t=6$ сек. Приобрёл частоту вращения n=380 об/мин. Определить окружную скорость, касательное и нормальное ускорение точек на ободе маховика в конце разгона.

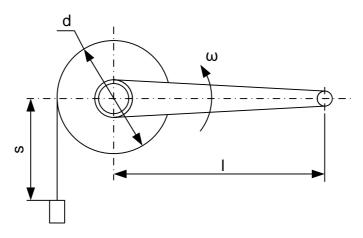
15. На обод колеса диаметром d=0,7 м намотана нить, на которой подвешен груз. В некоторый момент груз начинает падать с постоянным ускорением $a_{\tau}=0,6\,$ м/с². Угловая скорость колеса при этом достигает $\omega=9\,$ рад/с. Определить путь S, пройденный грузом, и время t, в течении которого перемещался груз, его конечную скорость v и нормальное ускорение a_n точки на ободе колеса.



16. Дисковая пила имеет диаметр $d_3 = 0.4$ м. На вал пилы насажен шкив 2 диаметром $d_2 = 0.56$ м, приводимый в движение ремнём от электродвигателя со шкивом 1, частота вращения которого $n_1 = 1900$ об/мин, линейная скорость зубьев пилы $v = 35\,$ м/с. Определить нормальное ускорение a_n на зубьях пилы и диаметр шкива 1.



17. Рукоять для вращения барабана длиной $l=0.5\,\mathrm{m}$, оказавшись свободной, начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon=12\,\mathrm{pag/c^2}$ и через определённое время приобретает частоту вращения $n=600\,\mathrm{of/muh}$. За это же время груз проходит расстояние $S=4\,\mathrm{m}$. Определить время вращения барабана, его диаметр и нормальное ускорение конца рукоятки.



Индивидуальные задания для выполнения практической работы №6 приведены в таблице 8. Работа состоит из одной задачи.

Задача 9.

Определить параметры движения тела с применением основного закона динамики и принципа Даламбера.

Таблица 8 – Расчетные данные

№ вар.	Схема	β°	m, кг	F, H	а, мс ²	$f_{\scriptscriptstyle Tp}$	V, _M /c	l, м
1		20	20	800		0,2	-	-
2		25	30	90		0,18	-	ı
3		40	70	1000		0,16	-	ı
4	$\sim F$	45	80	1200		0,2	-	-
5		50	90	1400		0,2	-	1
6	a	60	100	850	?	0,18	-	ı
7	R°	15	60	950	!	0,16	-	ı
8	$\mathcal{J}^{\mathcal{S}}$ $\mathcal{J}^{\mathcal{B}^{\mathcal{C}}}$	65	70	1100		0,2	-	-

					1		1	
9		15	80	600	1		-	-
10		35	90	500	3		-	-
11		45	100	700	4		-	-
12		60	50	820	2		-	_
13		35	40	920	6		-	-
14	F	40	45	750	3		-	-
15	a	25	55	630	5	?	-	-
16	β° G	55	65	970	7		-	-
17		-	20	800	-	-		1,8
18		-	30	900	-	-		1,6
19	***	-	70	1000	-	-		1,5
20	1	-	80	1200	-	-		1,5 2 2,5 3 3,5
21	↓ *	-	90	1400	-	-		2,5
22	$ _F$	-	100	850	-	-	0	3
23		-	60	950	-	-	?	3,5
24	$v \longrightarrow G$	-	70	1100	-	-		4
25		-	80	900	-	-	1,7	
26		_	90	1100	-	-	1,5	
27	ww.	-	100	1400	-	-	1,6	
28	\ \ \	-	50	820	-	-	1,8	
29		-	40	920	-	-	2	
30		-	45	750	-	-	2,2	
31	l	-	55	630	-	-	2,6	
32	G v	-	65	970	-	-	3,2	?

Индивидуальные задания для выполнения практической работы №7 приведены в таблице 9. Работа состоит из 2-х задач.

Таблица 9. Таблица вариантов

№ варианта	За	дача	Контрольный вопрос						
1	1	10	1	11	4				
2	2	11	2	12	5				
3	3	12	3	13	6				
4	4	13	4	14	11				
5	5	14	5	15	12				
6	6	15	6	1	13				
7	7	16	7	2	14				
8	8	17	8	3	15				
9	9	18	9	4	16				
10	10	19	10	5	8				

11	11	20	11	6	9
12	12	21	12	7	10
13	13	22	13	8	1
14	14	23	14	9	2
15	15	1	15	10	3
16	16	2	16	11	4
17	17	3	1	12	5
18	18	4	2	13	6
19	19	5	3	14	7
20	20	6	4	15	8
21	21	7	5	16	9
22	22	8	6	1	10
23	23	9	7	2	11
24	1	16	8	3	12
25	2	17	9	4	13
26	3	18	10	5	14
27	4	19	11	6	15
28	5	20	12	7	16
29	6	21	13	8	1
30	7	22	14	9	2
31	8	23	15	10	3
32	9	1	16	11	4

Задача 10

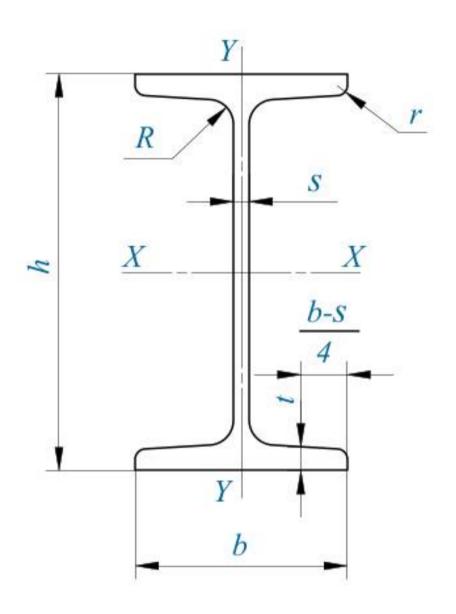
- 1. Для подъёма 5000 м3 воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?
- 2. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг за время, равное одной секунде. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона α=30°. КПД транспортёра составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортёра.
- 3. Точильный камень диаметром d=0.5 м делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой F=10 H. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь f=0.2.
- 4. Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром d=200 мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная колодка прижимается к диску с силой F=400H. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску f=0,35.

- 5. Скорость самолёта при отрыве от взлётной полосы должна быть 360 км/ч. Определить минимальную длину взлётной полосы, необходимую для того, чтобы лётчик при разгоне испытывал перегрузку, не превышающую его утроенный вес. Движение считать равноускоренным.
- 6. Вертолёт, масса которого с грузом 6 т, за 2,5 мин. набрал высоту 2250 м. Определить мощность двигателя вертолёта.
 - 7. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг за время, равное одной секунде.
- 8. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона α=30°. КПД транспортёра составляет 85%. Определить мощность, развиваемую электродвигателем транспортёра.
- 9. Поезд идет со скоростью 36 км/ч. Мощность тепловоза 300 кВт. Сила трения составляет 0,005 веса поезда. Определить вес всего состава.
- 10. Для подъёма 5000 м3 воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?
- 11. Динамометр, установленный между теплоходом и баржей, показывает силу тяги 30 кH, скорость буксировки 18 км/ч, мощность двигателя 550 кВт. Определить силу сопротивления воды корпусу буксира, если КПД силовой установки и винта равен 0,4.
- 12. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг на автомашину за время t=1 с. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона $\alpha=30^{\circ}$. Коэффициент полезного действия транспортёра $\eta=85\%$. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.
- 13. Транспортёр поднимает груз массой 200 кг на автомашину за время t=1 с. Длина ленты транспортёра 3 м, а угол наклона α=30°. Коэффициент полезного действия транспортёра η=85%. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.
- 14. Точильный камень диаметром d=0.5 м делает 120 об/мин. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой F=10 H. Какая мощность затрачивается на шлифовку, если коэффициент трения камня о деталь f=0.2.
- 15. Определить работу силы трения скольжения при торможении вращающегося диска диаметром d=200 мм, сделавшего до остановки два оборота, если тормозная ко-

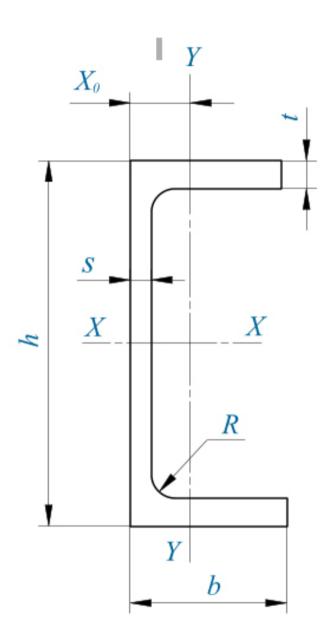
лодка прижимается к диску с силой F= 400H. Коэффициент трения скольжения тормозной колодки по диску f = 0,35.

- 16. Колесо зубчатой передачи, передающей мощность P=12кВт, вращается с угловой скоростью $\omega=20$ рад/с. Определить окружную силу, действующую на зуб колеса, если диаметр колеса d=360 мм.
- 17. Маховик вращается вместе с горизонтальным валом, цапфы (участки, опирающиеся на подшипники) которого имеют диаметр d=100мм. Нагрузка на каждый из двух подшипников F=4 кH. Приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках f=0,05. Определить работу, затрачиваемую на преодоление трения за два оборота маховика.
- 18. Начав двигаться из состояния покоя, автомобиль развил скорость 40км/ч за время 7 с. Определить величину силы тяги, считая её постоянной, если сила сопротивления движению составляет 0,1 от веса автомобиля, а масса автомобиля 1200 кг.
- 19. Автомобиль двигался вниз по уклону с углом α=15°, осуществил экстренное торможение, и пройдя путь 55 м остановился. Сила сопротивления движению составляет 0,5 от веса автомобиля. Определить, с какой скоростью двигался автомобиль в начале торможения.
- 20. Автомобиль двигался вниз по уклону с углом α =15°, осуществил экстренное торможение, и пройдя путь 90 м остановился. Сила сопротивления движению составляет 0,5 от веса автомобиля. Определить, с какой скоростью двигался автомобиль в начале торможения.
- 21. При резком торможении колёса автомобиля заклинились и он через 6 с остановился. С какой скоростью двигался автомобиль в начале торможения, если коэффициент трения между поверхностью дороги м колесами автомобиля f=0,6? Поверхность горизонтальная.
- 22. Тягач развивал мощность 120 кВт, тянет сани вверх по уклону, угол которого 10°со скоростью v=10 км/ч, масса саней с грузом m=16 т. Определить коэффициент трения между санями и полотном дороги. Какую работу совершает тягач на одном километре пути?

23. Автомобиль двигался вниз по уклону, угол которого α =10°, со скоростью 75 км/ч. Водитель начинает экстренно тормозить, отключив двигатель. Определитьвремя движения автомобиля до полной остановки и его тормозной путь, если коэффициент трения заторможенных колес о дорогу 0,3.



						Дву	гавры стальные	горячека	таные						
					R	-	Площадь			Спра	вочны	е значен	ия для (осей	
Цомор пруторра	h	b	S	t		r	попереч-	Масса 1м / кг	X-X				Y-Y		
Номер двутавра					не бо	лее			Ix	Wx	ix	Sx	Iy	Wy	iy
			M	M			cm ²		cm ⁴	cm ³	СМ	cm ³	cm ⁴	cm ³	СМ
10	100	55	4.5	7.2	7.0	2.5	12.0	9.46	198	39.7	4.06	23.0	17.9	6.49	1.22
12	120	64	4.8	7.3	7.5	3.0	14.7	11.50	350	58.4	4.88	33.7	27.9	8.72	1.38
14	140	73	4.9	7.5	8.0	3.0	17.4	13.70	572	81.7	5.73	46.8	41.9	11.50	1.55
16	160	81	5.0	7.8	8.5	3.5	20.2	15.90	873	109.0	6.57	62.3	58.6	14.50	1.70
18	180	90	5.1	8.1	9.0	3.5	23.4	18.40	1290	143.0	7.42	81.4	82.6	18.40	1.88
20	200	100	5.2	8.4	9.5	4.0	26.8	21.00	1840	184.0	8.28	104.0	115.0	23.10	2.07
22	220	110	5.4	8.7	10.0	4.0	30.6	24.00	2550	232.0	9.13	131.0	157.0	28.60	2.27
24	240	115	5.6	9.5	10.5	4.0	34.8	27.30	3460	289.0	9.97	163.0	198.0	34.50	2.37
27	270	125	6.0	9.8	11.0	4.5	40.2	31.50	5010	371.0	11.20	210.0	260.0	41.50	2.54
30	300	135	6.5	10.2	12.0	5.0	46.5	36.50	7080	472.0	12.30	268.0	337.0	49.90	2.69
33	330	140	7.0	11.2	13.0	5.0	53.8	42.20	9840	597.0	13.50	339.0	419.0	59.90	2.79
36	360	145	7.5	12.3	14.0	6.0	61.9	48.60	13380	743.0	14.70	423.0	516.0	71.10	2.89
40	400	155	8.3	13.0	15.0	6.0	72.6	57.00	19062	953.0	16.20	545.0	667.0	86.10	3.03
45	450	160	9.0	14.2	16.0	7.0	84.7	66.50	27696	1231.0	18.10	708.0	808.0	101.00	3.09
50	500	170	10.0	15.2	17.0	7.0	100.0	78.50	39727	1589.0	19.90	919.0	1043.0	123.00	3.23
55	550	180	11.0	16.5	18.0	7.0	118.0	92.60	55962	2035.0	21.80	1181.0	1356.0	151.00	3.39
60	600	190	12.0	17.8	20.0	8.0	138.0	108.00	76806	2560.0	23.60	1491.0	1725.0	182.00	3.54



						Шве.	ллеры с параллель	ными гра	анями пол	юк						
	h	b	6	+	R	r	Площадь попе-				очные	значени	ия для о	сей		
Номер швеллера	h	D	S	ι .	не б	олее	речного	Macca	X-X					Y-Y		X0
Серии П				1M			сечения F	1м / кг	Ix	Wx	ix	Sx	Iy	$\mathbf{W}\mathbf{y}$	iy	CM
					cm ²				cm ⁴	cm ³	СМ	cm ³	cm ⁴	cm ³	CM	
5П	50	32	4.4	7.0	6.0	3.5	6.16	4.84	22.8	9.1	1.92	5.61	5.95	2.99	0.98	1.21
6.5∏	65	36	4.4	7.2	6.0	3.5	7.51	5.90	48.8	15.0	2.55	9.02	9.35	4.06	1.12	1.29
8П	80	40	4.5	7.4	6.5	3.5	8.98	7.05	89.8	22.5	3.16	13.30	13.90	5.31	1.24	1.38
10Π	100	46	4.5	7.6	7.0	4.0	10.90	8.59	175.0	34.9	3.99	20.50	22.60	7.37	1.44	1.53
12Π	120	52	4.8	7.8	7.5	4.5	13.30	10.40	305.0	50.8	4.79	29.70	34.90	9.84	1.62	1.66
14Π	140	58	4.9	8.1	8.0	4.5	15.60	12.30	493.0	70.4	5.61	40.90	51.50	12.90	1.81	1.82
16Π	160	64	5.0	8.4	8.5	5.0	18.10	14.20	750.0	93.8	6.44	54.30	72.80	16.40	2.00	1.97
16аП	160	68	5.0	9.0	8.5	5.0	19.50	15.30	827.0	103.0	6.51	59.50	90.50	19.60	2.15	2.19
18Π	180	70	5.1	8.7	9.0	5.0	20.70	16.30	1090.0	121.0	7.26	70.00	100.00	20.60	2.20	2.14
18аП	180	74	5.1	9.3	9.0	5.0	22.20	17.40	1200.0	133.0	7.34	76.30	123.00	24.30	2.35	2.36
20Π	200	76	5.2	9.0	9.5	5.5	23.40	18.40	1530.0	153.0	8.08	88.00	134.00	25.20	2.39	2.30
22Π	220	82	5.4	9.5	10.0	6.0	26.70	21.00	2120.0	193.0	8.90	111.00	178.00	31.00	2.58	2.47
24Π	240	90	5.6	10.0	10.5	6.0	30.60	24.00	2910.0	243.0	9.75	139.00	248.00	39.50	2.85	2.72
27Π	270	95	6.0	10.5	11.0	6.5	35.20	27.70	4180.0	310.0	10.90	178.00	314.00	46.70	2.99	2.78
30П	300	100	6.5	11.0	12.0	7.0	40.50	31.80	5830.0	389.0	12.00	224.00	393.00	54.80	3.12	2.83
33П	330	105	7.0	11.7	13.0	7.5	46.50	36.50	8010.0	486.0	13.10	281.00	491.00	64.60	3.25	2.90
36П	360	110	7.5	12.6	14.0	8.5	53.40	41.90	10850.0	603.0	14.30	350.00	611.00	76.30	3.38	2.99
40Π	400	115	8.0	13.5	15.0	9.0	61.50	48.30	15260.0	763.0	15.80	445.00	760.00	89.90	3.51	3.05