



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине

«Техническая механика»

для специальности 23.02.06.

«Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог»

Автор: Краснов Александр Иович

2019г.

Настоящий учебное пособие предназначено для студентов очного и заочного отделения филиала обучающимся по специальности 23.02.06 Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог по дисциплине: «Техническая механика» Конспект содержит весь теоретический материал в виде конспекта к каждому занятию .

Учебное пособие разработано согласно утвержденной рабочей программы и КТП с учетом современных требований к преподаванию и на основании соответствующих руководящих и нормативных документов

Содержание

1. Введение	5
2. Раздел1 Статика	6
3. Занятие №1 Основные понятия статики	6
4. Занятие № 2 Основные аксиомы статики	6
5. Занятие № 3 Разложение силы на две составляющие	7
6. Занятие № 4 Связи и их реакции	8
7. Занятие № 5 Плоская система сил	9
8. Занятие № 6 Проекция силы на оси координат	10
9. Занятие № 7 Момент силы относительно точки	11
10. Занятие № 8 Основные свойства пары	11
11. Занятие № 9 Плоская система произвольно расположенных сил	14
12. Занятие № 10 Приведение плоской системы сил к центру	15
13. Занятие № 11 Пространственная система сил	16
14. Занятие № 12 Центр тяжести.	18
15. Раздел.2 Кинематика	20
16. Занятие №13 Основные понятия кинематики	20
17. Занятие № 14 Простейшие движения плоского тела	21
18. Раздел3 Динамика	24
19. Занятие № 15.Основные понятия и аксиомы	24
20. Занятие.№16 Метод кинестатики	25
21. Занятие.№17. Работа силы	25
22. Занятие.№18 Мощность	27
23. Занятие.№19. Общие теоремы динамики	28
24. Раздел4. Сопротивление материалов	29
25. Занятие.№20. Основные положения сопромата	29
26. Занятие.№21 Растяжение и сжатие стержней	31
27. Занятие.№22. Деформации при растяжении	33
28. Занятие.№23 Испытание материалов на растяжение	34
29. Занятие.№24 Расчет на прочность	35
30. Занятие.№25 Сдвиг	36
31. Занятие.№26 Кручение	37
32. Занятие.№27 Расчет на прочность и жесткость при кручении	39
33. Занятие.№28. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил	40
34. Занятие.№29 Понятие об усталости материалов	41
35. Занятие.№30. Устойчивость сжатых стержней	43
36. Раздел 5. Детали машин	44
37. Занятие.№31. Основные понятия	44
38. Занятие.№32 Требования к машинам и деталям	44
39. Занятие.№33 Соединения деталей	45
40. Занятие.№34 Сварные соединения	46
41. Занятие.№35 Шпоночные и шлицевые соединения	47
42. Занятие.№36 Винтовые механизмы	49
43. Занятие.№37 Основные понятия о передачах	50
44. Занятие.№38 Фрикционные передачи	51
45. Занятие.№39 Ременная передача	53
47. Занятие.№40 Зубчатые передачи	54
48. Занятие.№41 Эвольвентное зацепление	55
49. Занятие.№42 Конические зубчатые передачи	57

50	Занятие№43 Червячные передачи	58
51	Занятие№44. Материалы зубчатых передач	59
52	Занятие№45 Порядок расчета одноступенчатого редуктора	60
53	Занятие№46. Цепная передача	61
54	Занятие№47 Направляющие вращательного движения	62
55	Занятие№48 Подшипники скольжения	63
56	Занятие№49 Подшипники качения	65
57	Занятие№50 Муфты	67
58	Заключение	70
59	Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы	70

Введение

Применение учебного пособия приводит к активизации познавательной деятельности студентов, чему способствует изменение функций участников образовательного процесса, когда преподаватель из передатчика информации превращается в направляющего познавательной деятельности студентов.

Формирование творческих способностей будущих специалистов среднего звена – одна из важнейших задач реформы образования. На современном этапе развития общества возросла потребность в творческих личностях, мыслящих нестандартно. Потребность в творческой активности специалистов и развитием техническом мышлении, в умении конструировать, планировать, оценивать, рационализировать технику и технологию быстро растет. Умение и навыки решения этих проблем особенно важны в профессиональном образовании и во многом зависят от содержания и технологии обучения будущих специалистов.

Чтобы стать теоретически и практически компетентным студенту нужно совершить двойной переход от информации к мысли, и от мысли к действию и поступку

« Знание – проверенный практикой результат познания действительности»

Раздел1. Статика

Занятие№1

Механика- это наука о механическом движении и взаимодействии материальных тел.

Статика –часть теоретической механики, изучающая условия, при которых тело находится в равновесии

Основные понятия статики.

1. Материальная точка-это точка имеющая массу.

Примечание:

Материальной точкой мы будем считать не только тело имеющее очень малые размеры, но и любое тело, размерами которого в условии данной задачи можно пренебречь.

2. Абсолютно твердое тело-это неизменная система материальных точек.

3. Система-это совокупность материальных точек движение и положение, которых зависят друг от друга.

4. Сила-это мера механического взаимодействия тел.

5. Механическое взаимодействие тел - это взаимодействие, влияющее на их состояние покоя или движения.

Сила характеризуется тремя элементами: направление, числовое значение и точкой приложения.

6. Направление силы есть направление того движения, которое получила бы покоящаяся свободная материальная точка под действием этой силы.

7. Числовое значение силы называется **модулем** вектора силы.

Единица измерения модуля силы – Ньютон.

8 Силы взаимодействия между телами, входящими в данную систему называется **внутренними**.

9. Силы с которыми действуют на данную систему другие тела – **внешние**.

Вопросы:

1. Дать определения материальной точке, абсолютно твердому телу, системе и силе.

2. Дать определения внутренней и внешней силе, механическому взаимодействию тел

3. Дать определения модулю вектора силы, ньютону, и перечислить характеристики силы.

Занятие№2

Основные аксиомы статики.

Аксиома I Первый закон Ньютона.

Всякое тело сохраняет свое состояние покоя или прямолинейного равномерного движения, пока какие-нибудь силы не выведут тело из этого состояния.

Аксиома II Третий закон Ньютона.

Силы взаимодействия между собой двух тел всегда равны по модулю и направлены по одной прямой и противоположные стороны .

Совокупность сил приложенных к данному телу или системе тел называется **системой сил**.

Если система сил обладает таким свойством, что после приложения к свободному телу она не изменяет его механическое состояние, то такая система сил называется **уравновешенной**.

Аксиома III. Условие равновесия двух сил.

Для равновесия свободного твердого тела, находящихся под действием двух сил ,необходимо и достаточно, чтобы эти силы были равны по модулю и действовали по одной прямой в противоположные стороны.

Аксиома IV

Равновесие (как и любое другое механическое состояние) твердого тела не нарушится, если к нему приложить или удалить систему уравновешенных сил.

Следствия из аксиом III-IV:

1. Механическое состояние твердого тела не нарушится от перенесения силы вдоль линии ее действия.

2. Две силы эквивалентны, если они равны по модулю и действуют по одной прямой в одну сторону.

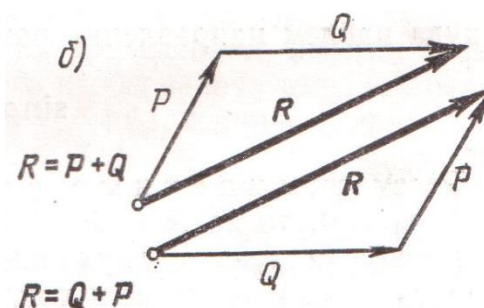
3. Два вектора силы равны, если они параллельны, одинаково направлены и имеют равные модули.

4. Одна сила эквивалентная данной системе сил, называется **равнодействующей** и силы этой системы - **составляющими** этой равнодействующей.

5. Сила, которая уравновешивает данную систему называется **уравновешивающей** этой системы.

Аксиома V Аксиома параллелограмма.

Равнодействующая двух сил, приложенных в одной точке, равна по модулю и совпадает по направлению с диагональю параллелограмма, построенного на данных силах и приложена в той же точке



Вопросы:

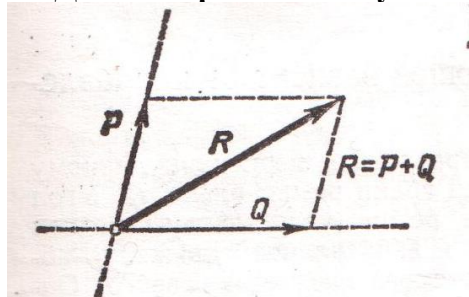
1. Сформулировать аксиомы статики
2. Дать определения системе сил, уравновешенной системе сил,
3. Сформулировать следствия из III и IV аксиомы статики

Занятие №3

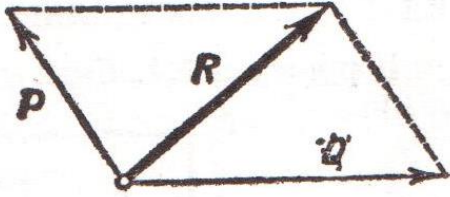
Разложение силы на две составляющие

Возможны четыре варианта:

1. Даны направления двух составляющих.



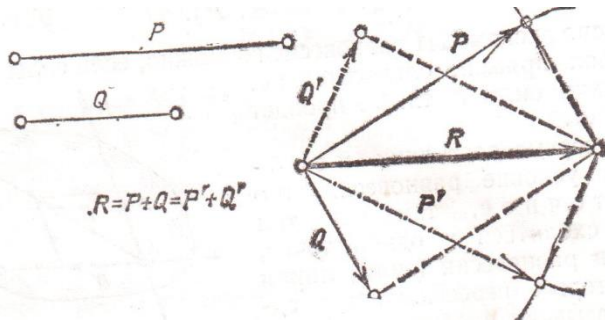
2. Даны модуль и направление одной составляющей.



3. Даны модули двух составляющих.

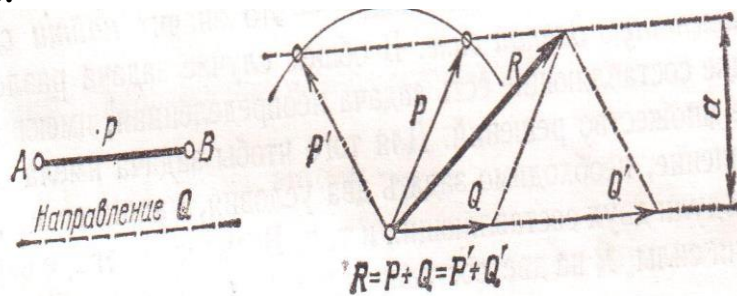
Задача имеет два решения, если $P+Q > R$. $P-Q < R$.

Задача не имеет решений, если $P+Q < R$. $P-Q > R$.



4. Даны направление одной составляющей и модуль второй составляющей.

5.



Вопросы

1. Определить и начертить 1 и 3 вариант разложения?
2. Определить и начертить 2 и 4 вариант разложения?
3. Объяснить почему 3и 4 вариант имеют два решения?

Занятие №4 Связи и их реакции

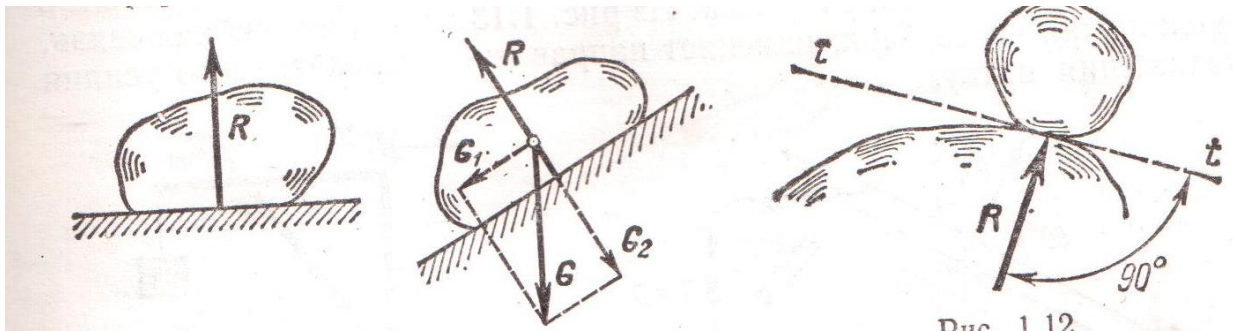
Связями называются ограничения, налагаемые на положения и скорости точек тела в пространстве.

Сила с которой тело действует на связь называется **силой давления**

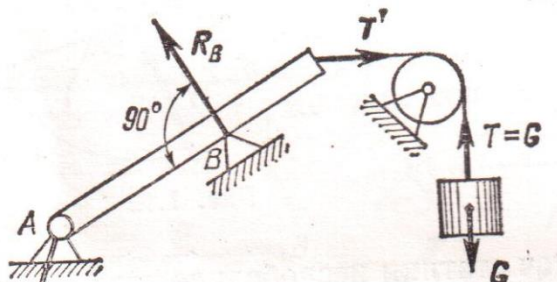
Сила с которой связь действует на тело называется **силой реакции**

Основные виды связей:

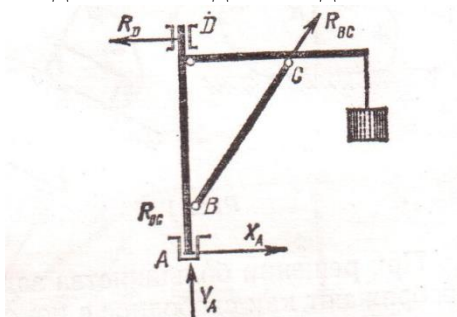
1. Идеально гладкая плоскость
2. Идеально гладкая поверхность



- 3. Закрепленная точка или ребро угла
- 4. Гибкая связь
- 5. Идеально гладкий цилиндрический шарнир



- 6. Идеально гладкий подпятник



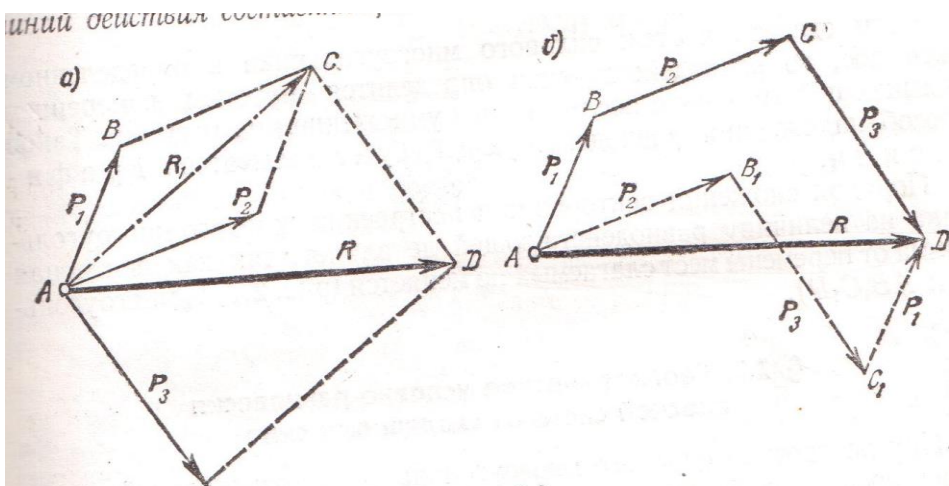
- 7. Стержень, закрепленный двумя концами в идеально гладких шарнирах и нагруженный только по концам (Стержень BC)

Вопросы:

1. Начертить на доске основные виды связей
2. Дать определения связи, силе давления и силе реакции

Занятие №5
Плоская система сил

**Геометрический способ определения равнодействующей
плоской системы сходящихся сил**



Теорема. Плоская система сходящихся сил в общем случае эквивалентна равнодействующей, которая равна векторной сумме этих сил; линия действия равнодействующей проходит через точку пересечения линий действия составляющих

$$R = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n = \sum P_n$$

Геометрическое условие равновесия плоской системы сходящихся сил

При построении силового многоугольника возможен случай, когда конец последнего вектора совпадает с началом первого. Такой силовой многоугольник называется замкнутым, т.е.

$$R = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + \sum P_i = 0$$

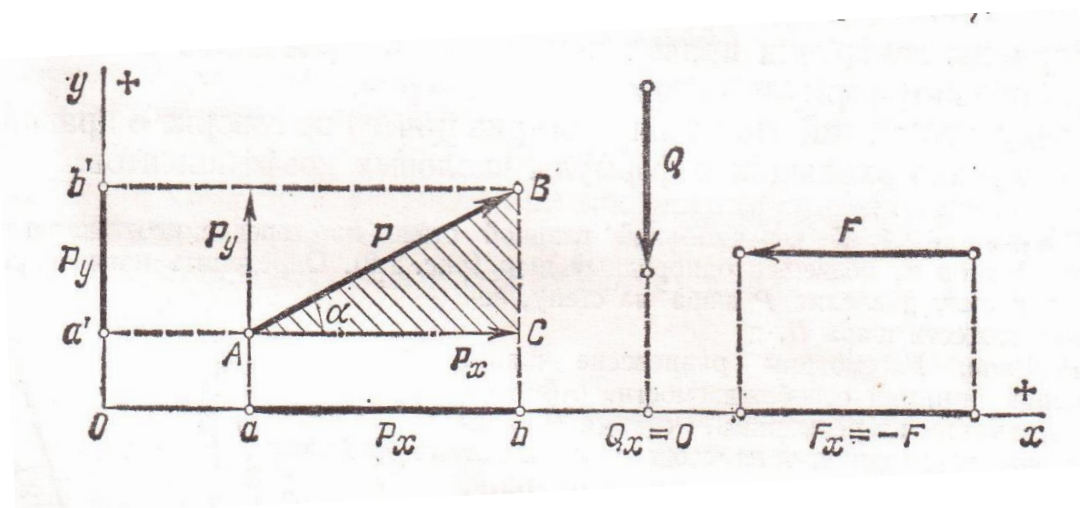
Условие равновесия формулируется так:

Для равновесия плоской системы сходящихся сил необходимо и достаточно чтобы силовой многоугольник был замкнут

Вопросы:

1. Начертить эскиз на доске и сформулировать теорему
2. Начертить и сформулировать условие равновесия

Занятие №6 Проекция силы на оси координат



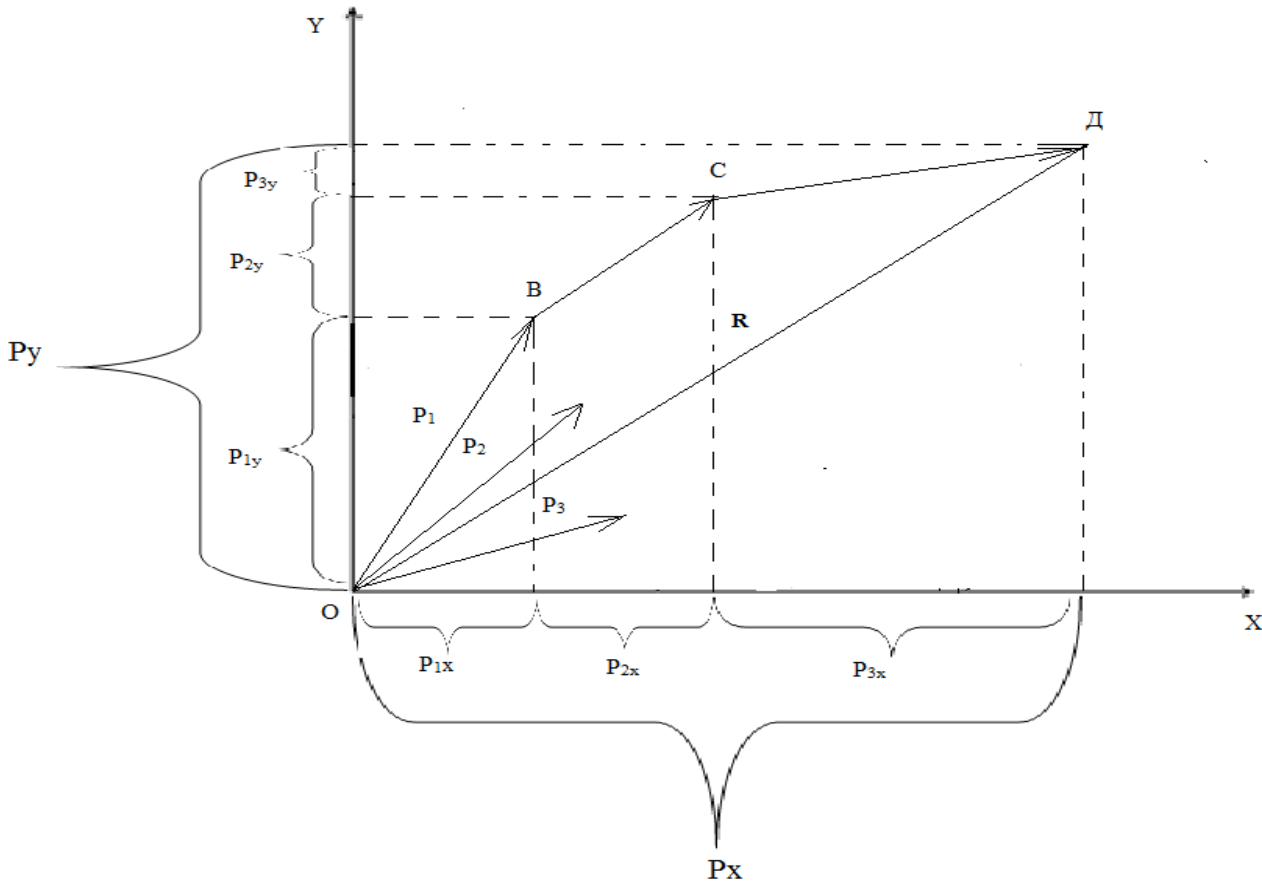
$$AC = ab = P_x$$

$$\text{Из } \triangle ABC = AC = AB \times \cos \alpha \quad AB = |P|$$

$$\text{Тогда } P_x = |P| \times \cos \alpha$$

Далее рассматриваем частные случаи:

Аналитические условия равновесия плоской системы сходящихся сил



$$R_x = P_{1x} + P_{2x} + \dots P_{nx} = \Sigma P_{nx}$$

$$R_y = P_{1y} + P_{2y} + \dots P_{ny} = \Sigma P_{ny}$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\sqrt{\Sigma P_{nx}^2 + \Sigma P_{ny}^2}$$

$$\boxed{\begin{aligned} \Sigma P_{nx} &= 0, \\ \Sigma P_{ny} &= 0, \end{aligned}}$$

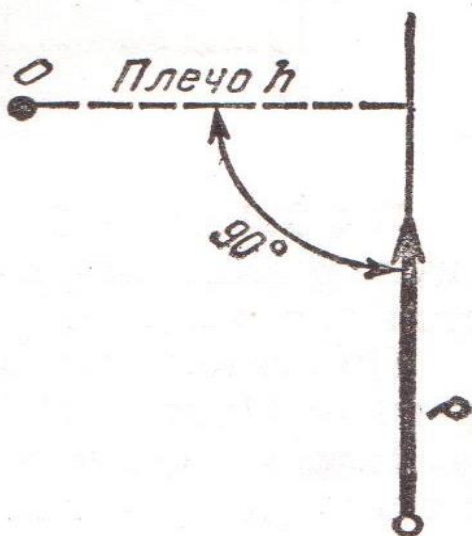
Условие: Для равновесия плоской системы сходящихся сил необходимо и достаточно, чтобы алгебраическая сумма проекций этих сил на каждую из двух координатных осей равнялась нулю.

Вопросы:

1. Начертить рисунок на доске и определить проекции и частные случаи
2. Сформулировать условие равновесия

Занятие №7

Момент силы относительно точки



Вращательное действие силы характеризуется моментом силы

Моментом силы относительно точки называется произведение модуля силы на ее плечо

$$M(P) = |P| \times h$$

h – плечо – перпендикуляр из точки на линию действия силы

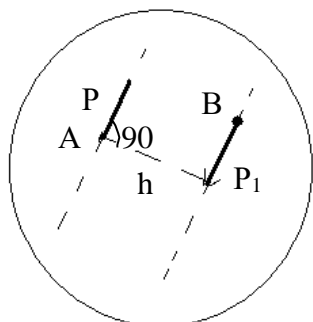
Знак момента

+ если тело вращается по часовой стрелке;

- если тело вращается против часовой стрелки

Пара сил.

Пара сил – это совокупность двух равных по величине параллельных и направленных в противоположные стороны сил.



h = плечо пары – кратчайшее расстояние между силами

$(P_1 P)$ – пара сил.

мера вращения - момент пары.

Момент пары равен \pm произведению модуля любой из сил пары на плечо

Знак. момента. + если пара вращает тело по часовой стрелке. – если вращает против часовой

Вопросы:

1. Дать определение моменту силы
2. Дать определение паре сил и моменту пары.

Занятие №8

Основные свойства пары.

Теорема 1. Пара сил не имеет равнодействующей

Следствие: Пара сил может уравновешена только парой

Теорема 2. Алгебраическая сумма моментов, уравновешивающих пару, относительно любой точки плоскости действия пары есть величина постоянная, равная моменту пары.

Теорема 3. Алгебраическая сумма проекций сил пары на ось всегда равна нулю.

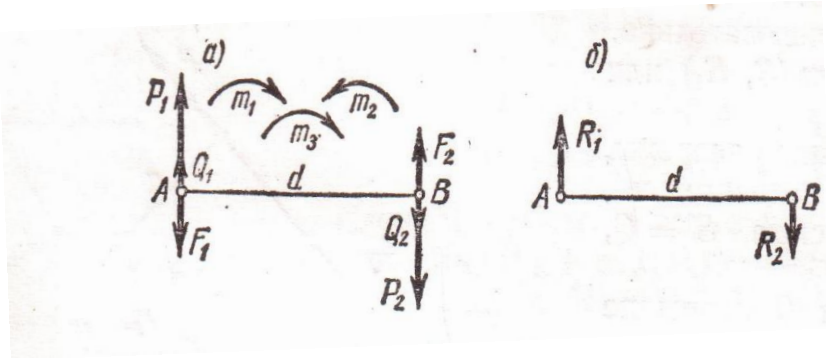
Эквивалентные пары

Теорема. Если моменты двух пар равны, то эти пары эквивалентны.

Следствия:

1. пару можно переносить в плоскости ее действия.
2. можно менять силы и плечо пары но так чтобы величина и знак момента остались прежними.
3. пары сил можно складывать.

Теорема о сложении пар



Теорема. Всякая плоская система пар эквивалентна одной результирующей паре, момент которой равен алгебраической сумме моментов данных пар.

Даны три пары сил: $P_1 P_2$, $F_1 F_2$, $Q_1 Q_2$.

1. Преобразуем пары так чтобы плечи были равными d и перенесем к произвольно взятому на плоскости отрезку AB . Длиной d

Тогда вместо заданной системы получим новую систему эквивалентную данной, причем моменты данных пар и новых пар будут равны

$$M_1 = P_1 d; M_2 = F_1 d; M_3 = Q_1 d$$

Сложив силы в точке $A B$ получим равнодействующие $R_1 R_2$

Момент этой результирующей пары

$$M = R_1 d = -(P_1 + Q_1 - F_1) d = -P_1 d - Q_1 d + F_1 d = M_1 + M_2 + M_3$$

Условие равновесия.

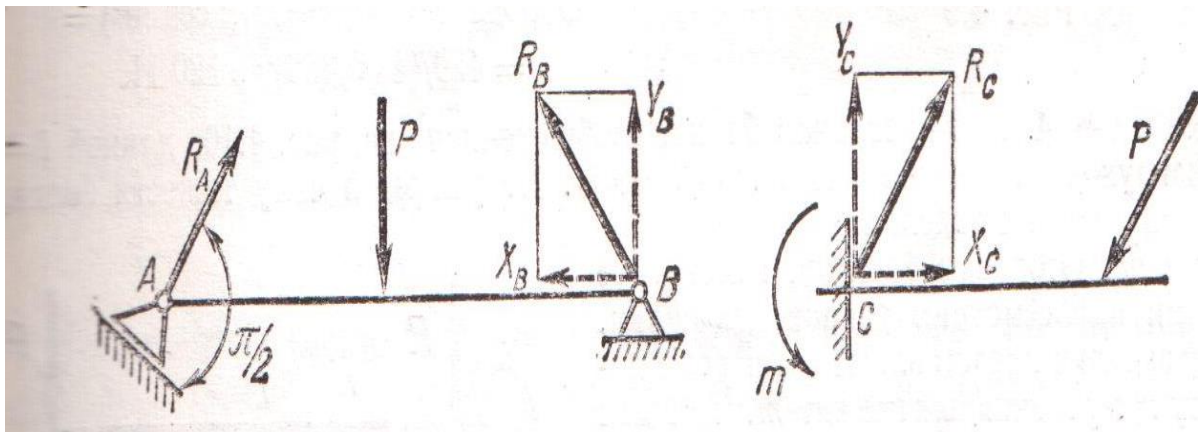
Тело под действием пар находится в равновесии, когда алгебраическая сумма моментов слагаемых пар равна нулю.

$$\sum M_n = 0$$

Опоры и реакции балок.

3 типа:

1. шарнирно-подвижная опора.
2. шарнирно-неподвижная.
3. жесткая заделка.



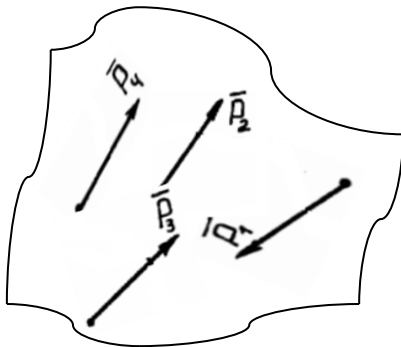
Вопросы:

1. Перечислить основные свойства пары
2. Дать определение эквивалентности пары и перечислить следствия
3. Сформулировать теорему о сложении пар
4. Начертить опоры и реакции балок
5. Сформулировать условие равновесия

Занятие №9

Плоская система произвольно расположенных сил

Силы расположенные как угодно на плоскости образуют произвольную плоскую систему.

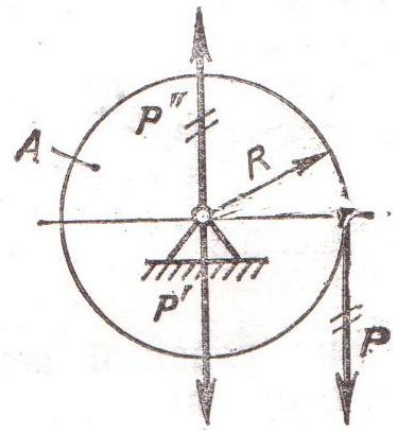
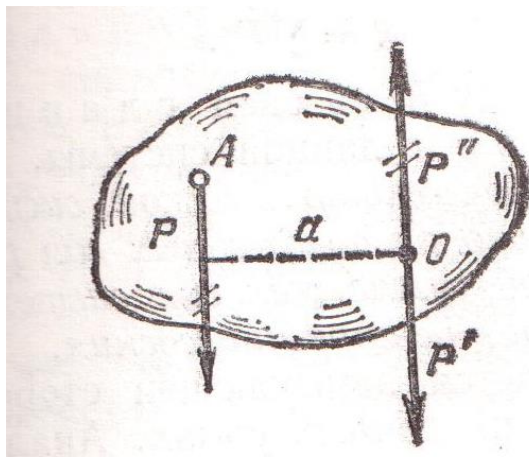


Приведение силы к точке

Механическое состояние твердого тела не нарушается, если данную силу перенести параллельно самой себе в произвольную точку тела, добавив при этом пару, момент которой равен моменту данной силы относительно новой точки приложения

Дано: сила в точке А

надо перенести ее на линию параллельно в точку О.



- 1) Приложим в точке O . две взаимно уравновешенные силы но такие чтобы $P=P^1=P^{11}$
 две силы P и P^{11} дают пару ее называют присоединенный момент ее $M(P, P^{11})=Pa$.
 Сила P^{11} являются перемещенной силой и момент её равен $M(P, P^{11})=Pa = MP$

Вопросы:

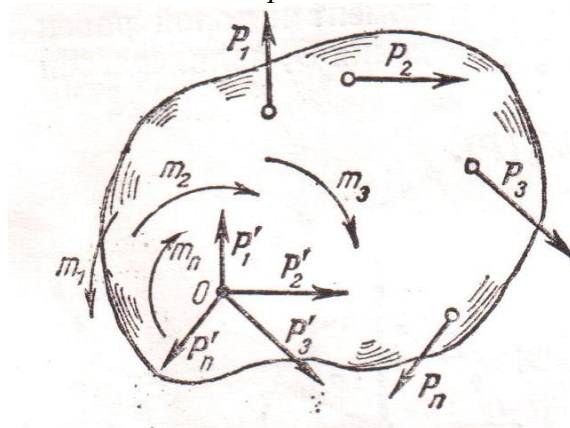
1. Начертить и дать определение плоской системе произвольно расположенных сил
2. Начертить и сформулировать приведение силы к точке

Занятие №10

Приведение плоской системы сил к центру

Теорема.

Плоская система произвольно расположенных сил в общем случае эквивалентна одной силе, приложенной в центре приведения и одной паре.



Дано: Плоская система произвольно расположенных сил $P_1; P_2; P_3; \dots; P_n$;

Перенесем параллельно все силы в центр приведения O , добавив при этом n пар с моментами $m_1; m_1; m_2; m_3; \dots; m_n$; равных моментам данных сил относительно центра приведения O

Вместо заданной системы мы получили систему сил приложенных в центре приведения O и систему присоединенных пар

$R = \sum P$ - главный вектор

$M = \sum M(P)$ - главный момент

Главный вектор равен векторной сумме всех сил и приложен в центре приведения O

Главный момент равен алгебраической сумме моментов всех сил системы относительно центра приведения O

Теорема Вариньона

Момент равнодействующей силы относительно какой либо точки, расположенной в плоскости действия сил, равен алгебраической сумме моментов составляющих сил относительно той или иной точки.

Условие равновесия

Плоская система произвольно расположенных сил находится в равновесии когда главный вектор и главный момент равны

$$R=0 \quad M=0$$

Но так как направление реакции неизвестно. то удобней:

$$\sum P_{nx} = 0$$

$$\sum P_{ny} = 0$$

$$\sum M(P_n) = 0$$

Для равновесия плоской произвольной системы сил надо чтобы алгебраическая сумма проекций на ось x, y равнялось 0 и алгебраическая сумма моментов всех сил относительно любой точки плоскости также равнялось нулю.

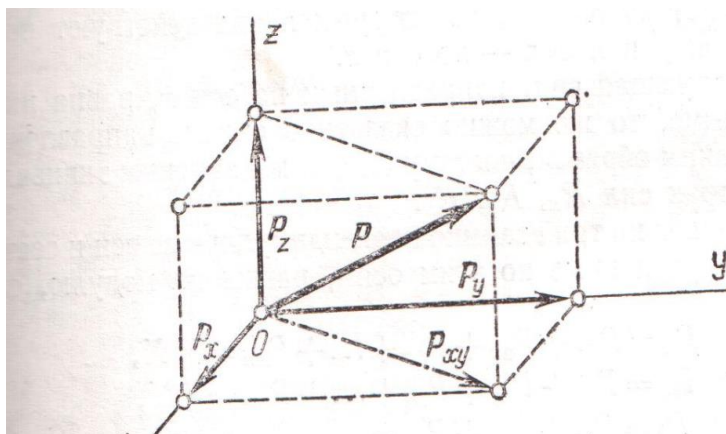
Вопросы:

1. Начертить схему приведения плоской системы сил к центру
2. Сформулировать и доказать теорему приведения плоской системы сил к центру
3. Сформулировать теорему Вариньона и дать определения главному моменту и главному вектору
4. Сформулировать условие равновесия

Занятие №11

Пространственная система сил

Пространственная сходящая система сил $P_{xy} = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$ $P = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$



Теорема:

Пространственная система сходящихся сил эквивалентна равнодействующей, которая равна векторной сумме этих сил.

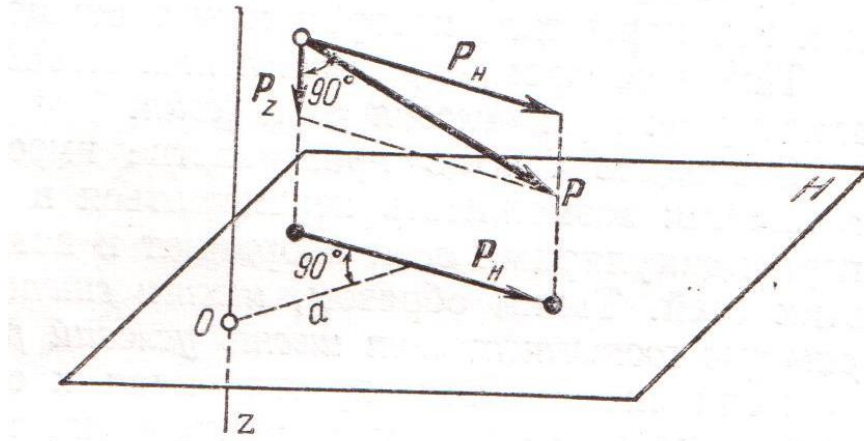
Условия равновесия пространственной сходящей системы сил.

$$R=0; \quad \sum P_{nx}=0 \quad \sum P_{ny}=0 \quad \sum P_{nz}=0$$

Условие:

Для равновесия пространственной сходящейся системы надо чтобы алгебраическая сумма проекций всех сил оси x, y, z равнялась 0 .

Момент силы относительно оси.



P_H - проекция силы P на плоскость перпендикулярную к оси z .

a - плечо т.е перпендикуляр из точки O пересечения оси z на линию проекции силы.

Определение:

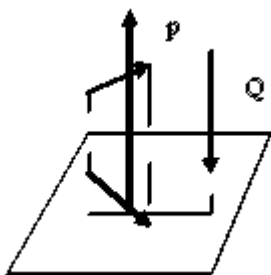
Момент силы относительно оси равен произведению модуля проекции этой силы на плоскость перпендикулярную оси на плечо.

Примечание:

Момент положительный если сила вращает плоскость по часовой стрелке глядя с положительного конца оси.

Частные случаи:

- $M_z(p) = [p] \cdot 0 = 0$ - сила пересекает ось.
- $M_z(Q) = 0 \cdot h = 0$ - сила параллельна оси.



Условия равновесия произвольной пространственной системы сил.

Условие:

Для равновесия произвольной пространственной системы надо, чтобы алгебраическая сумма проекций всех сил на три оси x, y, z равнялась 0 ; и алгебраическая сумма моментов всех сил относительно 3-х осей равнялась 0 .

- $\sum P_{nx} = 0$
- $\sum P_{ny} = 0$

- $\sum P_{nz} = 0$
- $\sum M_x(P_n) = 0$
- $\sum M_y(P_n) = 0$
- $\sum M_z(P_n) = 0$

Примечание:

Свободное тело в пространстве имеет шесть степеней свободы.

Оно имеет возможность перемещаться в направлениях трех взаимно перпендикулярных осей и вращаться вокруг этих осей.

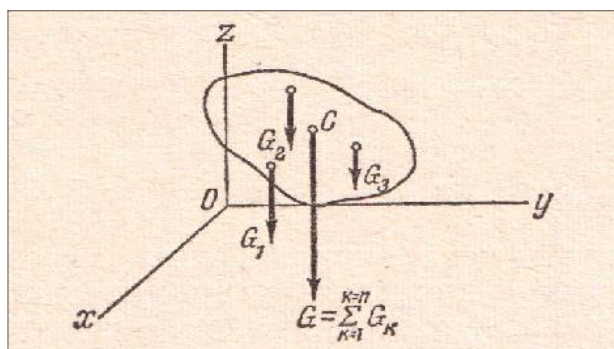
Вопросы:

1. Начертить схему сходящейся пространственной системы сил
2. Сформулировать условия равновесия пространственной сходящейся системы сил.
3. Начертить схему момент силы относительно оси и частных случаев расположения силы
4. Сформулировать условие равновесия произвольной пространственной системы сил.

Занятие №12

Центр тяжести

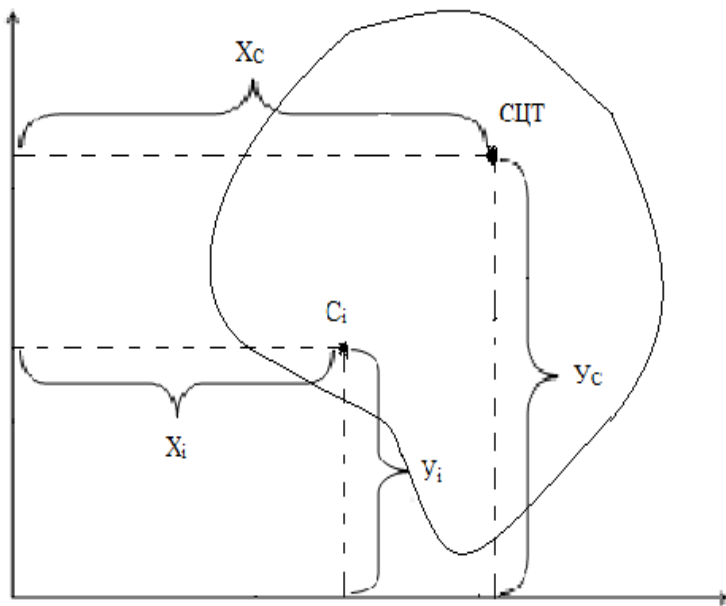
1. Сила с которой тело притягивается в земле называется **силой тяжести**.
2. **Элементарной частицей тела** называется такая малая частица, положение которой в пространстве определяется координатами одной точки
3. **Центром тяжести тела** называется центр параллельных сил тяжести всех элементарных частиц тела.



Разобьем мысленно тело на элементарные точки, каждая из которых характеризуется своим весом $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$,

Равнодействующая всех сил тяжести изображенных точек равна весу G всего тела, приложенному в его центре тяжести

Центр тяжести плоских фигур



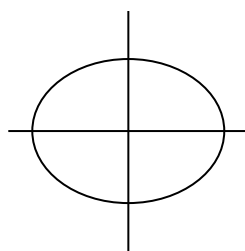
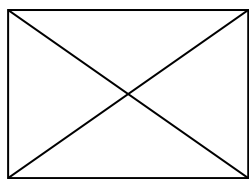
$$x_c = \frac{S_i \cdot x_i}{S}$$

$$y_c = \frac{S_i \cdot y_i}{S}$$

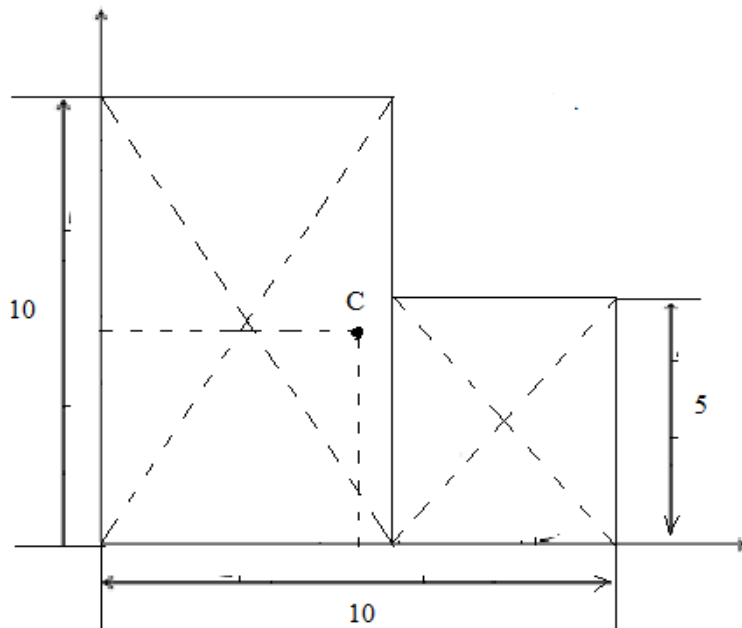
$X_c; Y_c$ - координаты центра тяжести плоской фигуры
 $X_i; Y_i$ - координаты элементарной частицы плоской фигуры
 S_i - площадь элементарной частицы плоской фигуры
 S - общая площадь всей плоской фигуры

Методы нахождения центра тяжести.

- 1) Если однородное тело имеет ось симметрии, то центр тяжести лежит на этой оси.
- 2) Если однородное тело имеет 2 оси симметрии, то центр тяжести находится в точке пересечения.
- 3) Центр тела вращения находится на оси вращения.



Пример: Вычислить координаты центра тяжести. плоскости фигуры.



- 1) Выберем начало координат.
- 2) Разобьем фигуру на части, центры тяжести, которых, известны

$S_1=10 \times 5=50$ - площадь фигуры

$S_2=5 \times 5=25$, площадь фигуры

$X_1=2,5 \quad X_2=7,5$

$Y_1=5 \quad Y_2=2,5$

$$X_c = \frac{S_1 X_1 + S_2 X_2}{S_1 + S_2} = \frac{50 \cdot 2,5 + 25 \cdot 7,5}{50 + 25} = 4,16$$

$$Y_c = \frac{S_1 Y_1 + S_2 Y_2}{S_1 + S_2} = \frac{50 \cdot 5 + 25 \cdot 2,5}{50 + 25} = 4,16$$

Раздел 2. Кинематика.

Занятие №13 Основные понятия кинематики.

Кинематика- часть теоретической механики, в которой изучаются движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

Движение тела- это изменение положения тела в пространстве по отношению к другим телам с течением времени.

Если рассматривается движение тела по отношению к условно неподвижной системе отсчета – движением называется абсолютным.

Движение тела по отношению к подвижной системе отсчета называется относительным (в мире все движется).

Теория относительности- это современная физическая теория пространства и времени и устанавливает, что пространство и время связаны между собой. У движущегося тела продольные размеры сокращаются, а промежутки времени между событиями удлиняются т.е. происходит замедление времени.(пример космический корабль)

Механизм- это совокупность связанных между собой тел, имеющих определенное движение.

Машина-это механизм или сочетание механизмов, осуществляющих определенное целесообразное движение для преобразования энергии, изменения формы, свойств, состояния и положение предмета труда или для сбора, переработки и использования информации.

Звено-это одно тело или неизменяемое сочетание тел- являются простейшей частью механизма.

Кинематическая пара- два звена соединенные между собой и допускающие относительное движение.

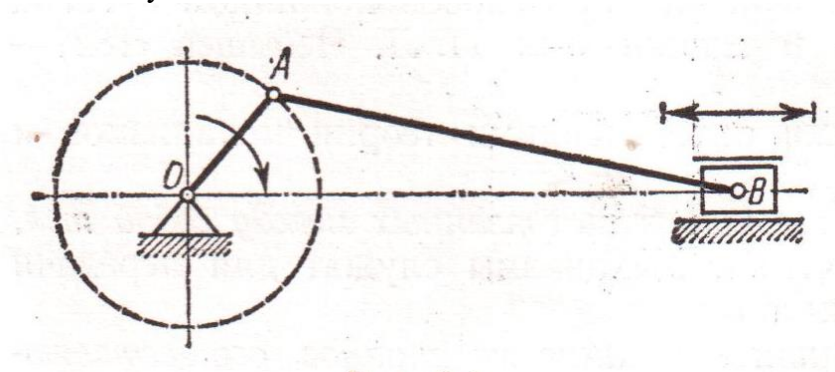
Низшая кинематическая пара- это пара, звенья которых соединяются по поверхностям (поступательная, вращательная и винтовые пара)

Высшие пары- это кинематические пары звенья которых соприкасаются по линиям и точкам (зубчатые пары, подшипники качения)

Кинематическая цепь- это совокупность кинематических пар. Она может быть плоской и пространственной

Ведущим звеном называется звено, которому извне сообщается движение, остальные называются *ведомыми*

Пример: Кривошипно-шатунный механизм



4 звена: 1-кривошип;2- шатун; 3-ползун;4-станина.

4 кинематические пары.

3 вращательные пары.

1 - станина- кривошип ;

2-кривошип -шатун;

3 - шатун-ползун

Одна поступательная пара

ползун-станина

Вопросы

1. Что такое кинематика Движение тела. Теория относительности
- 2.Что такое механизм , машина, звено
3. Что такое пара ,цепь, ведущее и ведомое звено
4. Схема кривошипа

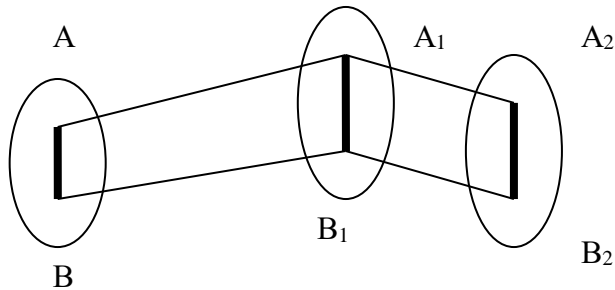
Занятие №14

Простейшие движения плоского тела.

Поступательное движение тела - это движение, при котором любая прямая, проведенная в теле остается параллельной своему первоначальному положению.

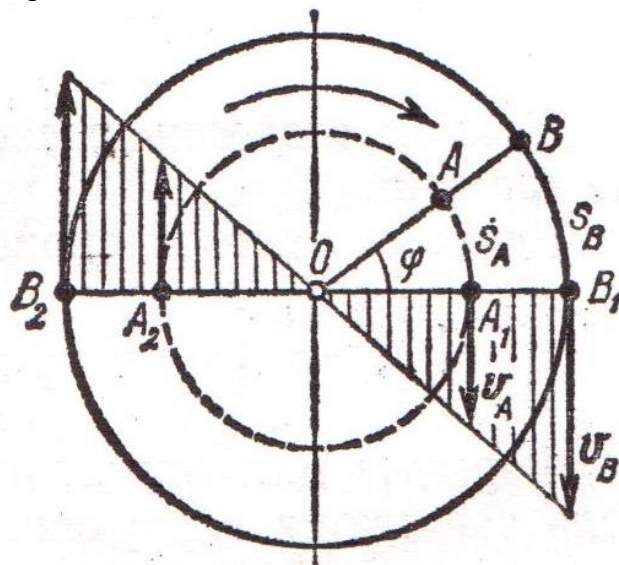
Согласно этой теории – поступательное движение твёрдого тела вполне определяется движением одной из его точек, следовательно все формулы кинематики точки применимы для тела, движущегося поступательно

Поступательное движение может быть и прямолинейным, криволинейным, равномерным, ускоренным, замедленным



Вращательным называется движение, при котором точки твердого тела лежащие на оси вращения неподвижны, а остальные описывают окружность с центром на оси вращения .

- Разделяются :
- а) равномерное вращательное движение
 - б) неравномерное вращательное движение
 - в) Равнопеременное



Плоскопараллельное движение- это движение при котором все точки тела перемещаются в плоскостях , параллельных одной плоскости (колесо, шатун, кривошип)

Способы задания движения

Траектория движения- это множество положений движущейся точки в рассматриваемой системе отсчета

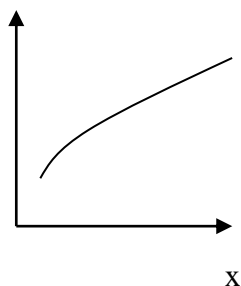
Два способа задания:

1. Естественный заключается в том, что движение точки задается ее траекторией и уравнением движения по этой траектории. $S = f(t)$

S- Расстояние точки от начального положения, t-время движения точки

2. Координатный- способ заключается в том, что движение точки задается движением ее проекции вдоль осей координат.

у



$$X=f(t); Y=f(t)$$

Скорость точки

Скорость – кинематическая мера движения точки, характеризующая быстроту изменения её положения

$$v = \frac{s}{t} = const$$

измеряется, в м/сек.

Скорость величина векторная и в каждый момент времени направлена по касательной к траектории в сторону движения.

При неравномерном движении модуль скорости меняется. Движение, в котором скорость стечением времени возрастает – ускоренное; и убывает – замедленное.

Ускорение точки

Ускорение – это кинематическая мера измерения вектора скорости точки.

При прямолинейном движении точки вектор изменения скорости совпадает с траекторией.

Ускорение – изменение скорости в единицу времени.

При движении точки по криволинейной траектории скорость меняет своё направление.

Вектор ускорения в криволинейном движении всегда направлен в сторону вогнутости

$$a = \frac{v}{t} = const$$

Измеряется м\сек²

Преобразование вращательных движений

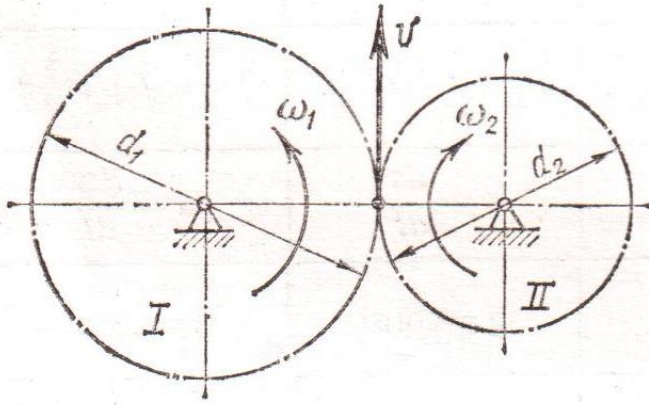
1. Передаточной называется механизмы, которые осуществляют преобразование вращательных движений (зубчатые, фрикционные, с гибкой связью)

2. Передаточным отношением зубчатой передачи называется отношение угловых скоростей зубчатых колёс передачи.

3. Передаточным числом зубчатой передачи называется отношение числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни.

$$i = \frac{z_k}{z_u} \geq 1$$

4. Передачи, у которого угловая скорость ведомого звена меньше угловой скорости ведущего называется **понижающими**, в противном случае передача называется **повышающей**.



Вопросы:

1. Назовите простейшие виды движений
2. Способы задания движений
3. Определение скорости точки.
4. Определение ускорения точки

**Раздел 3.
Динамика.**

**Занятие №15
Основные понятия и аксиомы**

1) **Динамика** - раздел теоретической механики, изучающий движения тел с учетом сил его вызывающих.

2) **Изолированная материальная точка** - это точка, на которую не действуют другие материальные точки.

3) 1-ый закон Ньютона (динамики)

Изолированная материальная точка либо находится в покое, либо движется прямолинейно и равномерно.

4) 2-ой закон динамики (Ньютона)

Ускорение, сообщенное материальной точке силой, имеет направление силы и пропорционально его модулю.

5) Основной закон динамики

Сила есть вектор, равный произведению массы точки на ее ускорение.

$$\mathbf{P} = m\mathbf{a} ,$$

6) **Масса** - мера инертности и гравитационных свойств.

$$m = \frac{P}{a}$$

Примечание:

Но теория относительности устанавливает.

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

m = масса движущегося тела.

m_0 = масса покоя.

v = скорость движения тел

c = скорость света

Из формулы видно, что чем больше скорость движения тела, тем больше его масса и тем труднее ему сообщить дальнейшее ускорение.

7) 3й. закон Ньютона

Силы взаимодействия двух материальных точек по модулю равны между собой и направлены в противоположные стороны.

Из опыта известно, что под действием притяжения земли в пустоте тела падают в данном месте с одинаковым ускорением, которое называется ускорением свободного падения.

Вопросы:

1. Сформулировать основные понятия и аксиомы динамики

2. Сформулировать теорию относительности и 3й закон Ньютона

Занятие №16

Метод кинестатики

Это метод позволяющий решать задачи динамики с помощью уравнений статики.

Уравнение движения материальной точки массой m движущейся под действием сил равнодействующая которых равна P и ускорением a можно записать в форме

$$P = ma \text{ или же } P + (-ma) = 0$$

Выражением в скобках обозначается $F_{ин}$ - называется силой инерции и

$$F_{ин} = -ma.$$

Сила инерции – есть вектор, равный произведению массы точки на её ускорение и направленной в сторону,

противоположную ускорению.

$$P + F_{ин} = 0 \quad \Sigma(P, F_{ин}) = 0$$

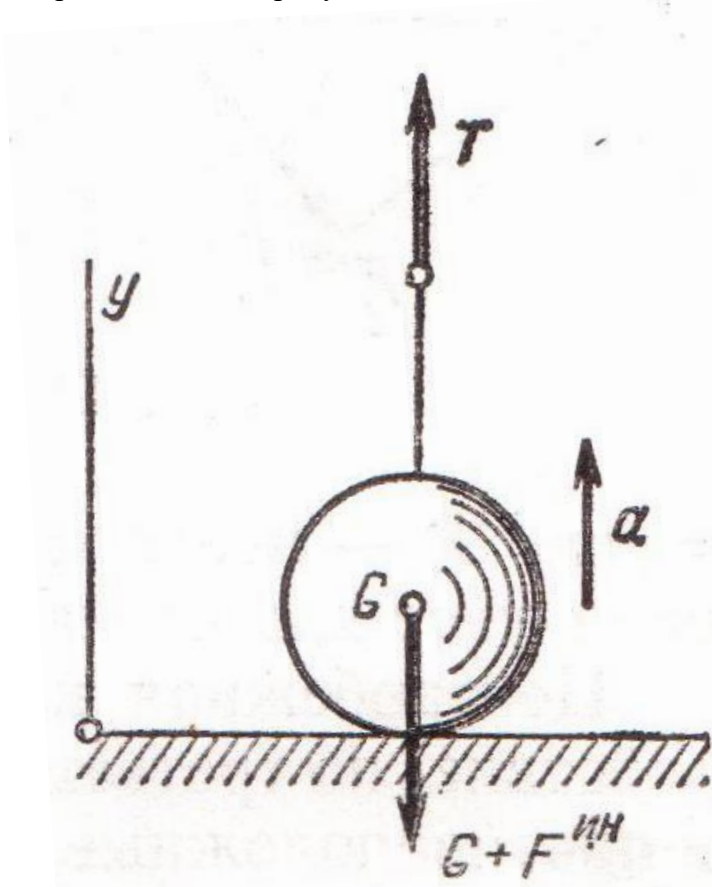
Принцип Даламбера

Если к телу находящемуся под действием заданных сил и реакций приложить силы инерции, то можно считать его находящимся в фиктивном равновесии.

Пример:

К нити можно приложить силу статически постепенно или динамически – рывком. и нить оборвется. Чтобы поднять груз нужно сообщить телу ускорения по принципу Даламбера. $T - G - F_{ин} = 0$
 $T = G + F_{ин}; = G + ma.$

В первом случае ускорение a – небольшое и $F_{ин}$ мало, во втором случае $F_{ин}$ большая и рвёт нить.



Вопросы:

1. Метод кинестатики и уравнение движения материальной точки и сила инерции
2. Начертить схему и сформулировать принцип Доламбера

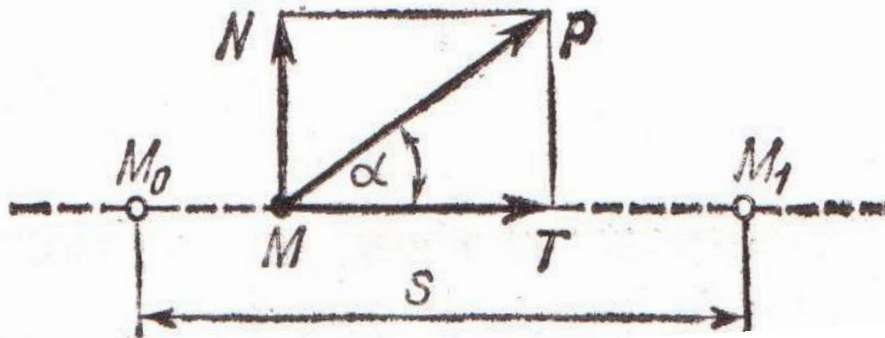
Занятие №17 Работа силы

Работа постоянной силы на прямолинейном участке пути.

Работа – это количественная мера действия силы приложенной к материальной точке при некотором её перемещении.

Тело под действием силы P прошло путь S . Для определения работы A разложим силу на две составляющие T и N ; N -не двигает и не сопротивляется движению тела в направлении S ;

Действие силы на пути S определяется произведением T на S называется работой и обозначается A . $A = T \times S = P \cos \alpha \times S$



Работа силы равна произведению ее модуля на путь и на косинус угла между направлением силы и направлением перемещения.

3 частных случая:

1) $\alpha = 0$; $A = PS$

2) $\alpha = 90^\circ$; $A = 0$

3) $\alpha = 180$ Работа сил сопротивления

$$A = F_{\text{тр}} \times S \times \cos(180 - (\alpha)) = F_{\text{тр}} \times S \times (-1) = - F_{\text{тр}} \times S$$

Т.е. работа сил сопротивления всегда отрицательна;

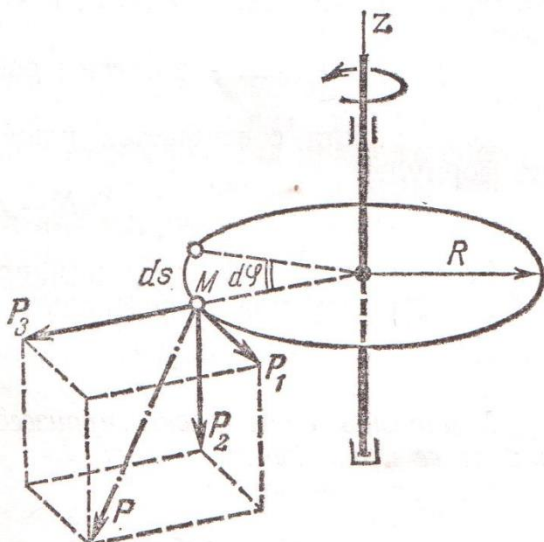
Силы совершающие положительную работу называются **двигающие**

Силы совершающие отрицательную работу называются **силами сопротивления**.

Работа измеряется в джоулях

$$A = P \times S = H \times m$$

Джоуль- это работа силы в один ньютон на путь в 1 м.



Работа при вращательном движении тела.

Тело вращаясь вокруг неподвижной оси под действием постоянной силы P с угловой скоростью ω и проходит угол $\Delta\varphi$.

$$A = P_1 \times S$$

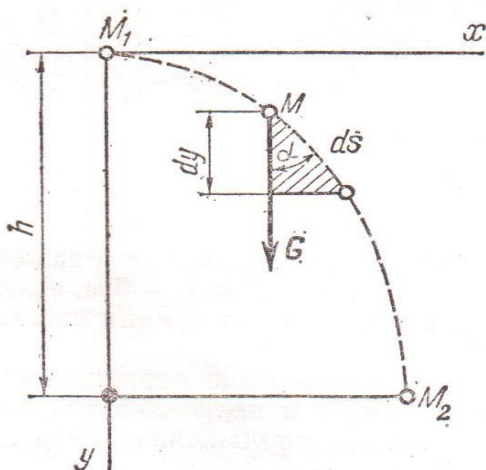
$$S = R \times \varphi; \quad A = P_1 \times R \times \varphi.$$

$$P_1 \times R = M \text{ - момент силы. } P_1, \text{ а отсюда}$$

$$A = M \times \varphi.$$

Работа постоянной силы, приложенной к вращающемуся телу равна произведению вращающегося момента на угловое перемещение.

Работа силы тяжести.



Материальная точка М движется под действием сил G и проходит путь S
 dS - бесконечно малый участок
 Из концов проведены линии вертикальная и горизонтальная.

$dA = G \Delta S \cos \alpha$.а полная работа равна

$$A = Gh$$

Работа силы тяжести равна произведению модуля силы на вертикальное перемещение точки ее приложения.

и не зависит от вида траектории

Вопросы:

1. Начертить схему работы постоянной силы на прямолинейном участке пути.
2. Дать определение работы постоянной силы на прямолинейном участке пути.
3. Начертить схему работы при вращательном движении тела.
4. Дать определение работы при вращательном движении тела.
5. Начертить схему и дать определение работы силы тяжести

Занятие №18

Мощность

Работа осуществляется за различные промежутки времени

Мощностью силы называется работа, совершающая в единицу времени.

$$N = \frac{A}{t}$$

Если направление силы и направление перемещения совпадают.

$$N = \frac{A}{t} = \frac{PS}{t} = PV$$

Мощность силы равна произведению модуля силы на скорость точки ее приложения
 Для вращающегося тела:

$$N = \frac{MY}{t} = MW$$

Y – угол поворота; W- угловая скорость

Мощность силы приложенной к вращающему телу равна произведению вращающего момента на угловую скорость.

Единица мощности:

$$[N] = \frac{[A]}{[t]} = \frac{[дж]}{[с]} = [Вт]$$

Техническая система МКГСС

$$[N] = \frac{[A]}{[t]} = \frac{KГМ}{с}$$

$$75 \frac{KГМ}{с} = 1 л.с.;$$

Соотношение

$$1 л.с. = 75 \frac{KГМ}{сек} = \frac{736 Дж}{сек} = 736 Вт = 0,736 КВВ$$

Коэффициент полезного действия.

Способность тела при переходе из одного состояния в другое совершать работу, называется *энергией*.

При передаче или преобразовании энергии, а также при совершении работы имеют место потери энергии.

Коэффициентом полезного действия называется отношение полезной работы или мощности к затраченной.

$$\eta = \frac{A_n}{A_z} = \frac{N_n}{N_z}$$

Чем ближе КПД к единице, тем производительнее машина.

Механической энергией называют энергию перемещения и взаимодействия тел.

Два вида:

1. Кинетическая – это энергия, которой обладает всякая материальная точка при движении и равна половине произведения массы точки на квадрат её скорости

$$K = \frac{mV^2}{2}$$

2. Потенциальная – это энергия взаимодействия между телами.

Потенциальной энергией обладает и всякая материальная точка поднятая на определённую высоту и мерой служит работа, которую производит точка при свободном падении.

$$П = Gh$$

Вопросы:

1. Что такое мощность?

2. Единицы измерения мощности.

3. Определение КПД.?

4. Дать определение механической, кинетической и потенциальной мощности.?

Занятие №19

Общие теоремы динамики

Устанавливают зависимость между изменением динамических мер движения материальной точки и мерами действия сил, приложенных к этой точке

Теорема об изменении кинетической энергии

Изменение кинетической энергии материальной точки на некотором пути равно работе силы, приложенной к точке, на том же пути

Теорема об изменении количества движения

1. *Количеством движения* (mv) *материальной точки* называется вектор, произведению массы точки на её скорость и имеющий направление скорости

2. *Импульсом постоянной силы* Pt называется вектор, равный произведению силы на время ее действия

Связь между количеством движения и импульсом силы устанавливает

Теорема об изменении количества движения

Изменение количества движения материальной точки за некоторый промежуток времени равно импульсу приложенной к ней силы за тот же промежуток времени

Закон сохранения механической энергии

При движении материальной точки под действием одной лишь силы тяжести сумма потенциальной и кинетической энергий есть величина постоянная

Закон сохранения механической энергии является частным случаем общего закона сохранения материи и энергии .

Ломоносов М.В. доказал, что никакая божественная сила не в состоянии ни создать, ни уничтожить материю

И вспомним теорию относительности:

$$m = m_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

m = масса движущегося тела.

m_0 = масса покоя.

v = скорость движения тел

C = скорость света

Одним из важнейших выводов теории относительности является закон пропорциональности энергии и массы тела. Это формула Эйнштейна

$$E = mc^2$$

Где E – полный запас энергии, включающий в себя механическую, тепловую, химическую, электромагнитную, ядерную энергию, а также энергию частиц, входящих в состав атома.

M – масса тела, C - скорость света

Отсюда:

1грамм массы обладает 25млн кВт ч энергии

На основании этой формулы было установлено существование огромных запасов энергии и найдены пути её использования- ядерная бомба и атомная электростанция

Вопросы:

1. Теорема об изменении кинетической энергии

2. Теорема об изменении количества движения

3. Закон сохранения механической энергии

4 Теория относительности

Раздел4.

Сопротивление материалов

Занятие №20

Основные положения сопромата

Сопромат- раздел механики изучающий деформирование твердых тел.

Задача сопромата – дать с помощью расчетов надежные размеры элементов конструкции. Предъявляется требование по прочности, жесткости и устойчивости.

Прочность – способность конструкции не разрушаться при действии заданных нагрузок.

Жесткость – способность конструкции изменять свою форму и размеры в заданных пределах от действия заданных нагрузок.

Устойчивость – способность конструкции сопротивляться усилиям, стремящимся вывести ее из исходного состояния равновесия. При деформации тела внутри него возникают силы упругости, которые препятствуют деформации.

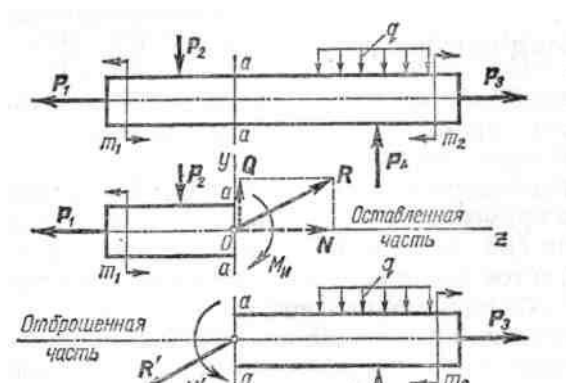
Основные деформации:

растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб.

Метод сечений

Метод сечений заключается в том, что тело мысленно разрезается плоскостью на две части, любая из которых отбрасывается и взамен нее к сечению оставшейся части прикладываются внутренние силы.

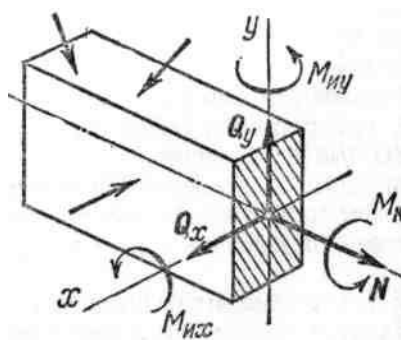
$$\sum \text{внутренние силы} = \sum \text{внешние силы.}$$



Внутренние силы необходимы для определения мах внешних.

На практике чаще рассматривается брус.

Если внешние силы действующие на брус не лежат в одной плоскости, то в нем возникает шесть внутренних силовых фактора.



N – нормальная (продольная) сила

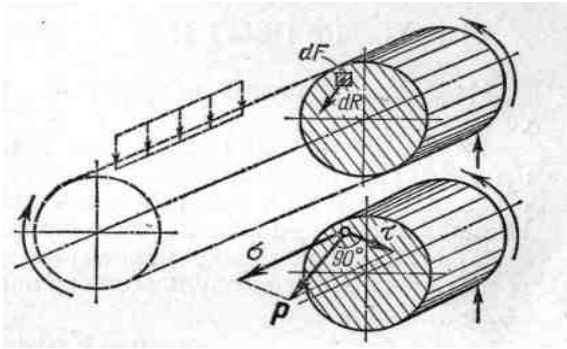
Q_x ; Q_y – поперечные силы

M_k – крутящий момент.

$M_{иу}$; $M_{их}$ – изгибающий моменты.

Напряжение – это внутренняя сила отнесенная к единице площади сечения

$$[p] = \frac{[R]}{[F]} = \frac{\text{сила}}{\text{площадь}} = \frac{\text{Ньютон}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Паскаль}$$



Т.к. направление вектора **P** нам не известно разложим вектор на две составляющие **G**-перпендикулярную плоскости сечения- называется нормальное напряжение.

T- лежащую в плоскости сечения- касательное напряжение

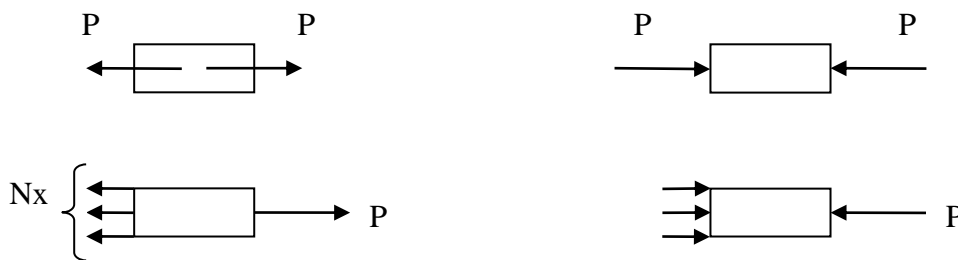
Вопросы.

1. Дать определения основным понятиям сопромата?
2. Начертить на доске схему бруса
3. Дать определение методу сечения, характеристика тела?
4. Дать определение внутренним и силовым факторам?

Занятие №21

Растяжение и сжатие стержней

Растяжением – сжатием называется такой вид деформации когда в поперечном сечении бруса возникает только нормальная (продольная) сила



Продольная сила в поперечном сечении бруса численно равна алгебраической сумме внешних сил расположенных по одну сторону сечения.

Растягивающие (направленные от сечения) продольные силы мы будем считать положительными, а *сжимающие*- отрицательными.

При растяжении и сжатии в поперечных сечениях возникают только нормальные напряжения равномерно распределенные по сечению.

$$G = N/F$$

Для наглядного изображения распределения вдоль бруса продольных сил строят графики называемые эпюрами

Построение эпюр нормальных сил

Пример: Построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений для ступенчатого бруса, изображенного на рисунке..

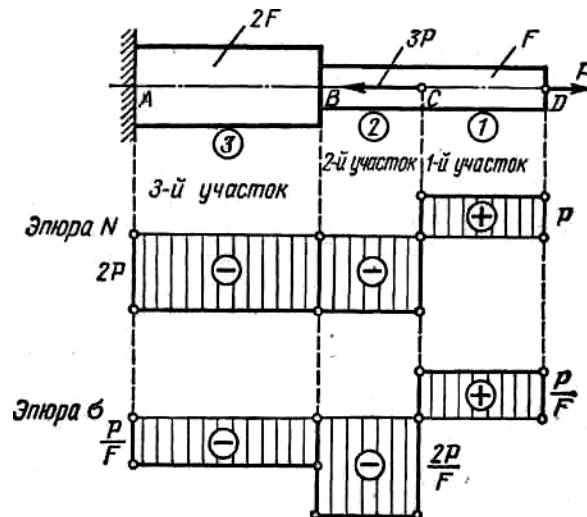
Решение. Разобьем брус на участки и пронумеруем их, как показано на рисунке.

.. Границами участков являются точки приложения внешних сил и места изменения размеров поперечного сечения. Данный брус состоит из трех участков.

Для построения эпюры продольных сил N под рисунком бруса проводим ось или базу эпюры, параллельную оси бруса, и штриховыми линиями ограничиваем его участки.

Величины продольных сил в произвольном масштабе откладываем перпендикулярно оси эпюры, причем положительные значения N (растяжение) откладываются вверх, а отрицательные (сжатие) — вниз от оси. Эпюра штрихуется тонкими линиями, перпендикулярными оси. Линия штриховки в выбранном масштабе (ордината графика) дает значение продольной силы в соответствующем поперечном сечении бруса.

В точках приложения сосредоточенных сил на эпюре N получаются скачкообразные изменения, причем величина «скачка» равна модулю приложенной сечению бруса внешней сосредоточенной силы.



Приступим к построению эпюры N . Применяя метод сечений, устанавливаем, что во всех поперечных сечениях первого участка действует продольная сила $N_1 = P$. Откладываем вверх от оси эпюры величину P в произвольном масштабе и проводим прямую, параллельную оси эпюры. В точке C бруса приложена сила $3P$. Применяя метод сечений, устанавливаем, что во всех поперечных сечениях второго и третьего участков действует продольная сила $N_2 = N_3 = -2P$ и эпюра N будет горизонтальной линией, расположенной на $2P$ единицы ниже оси эпюры. Очевидно, что значение ординаты эпюры продольных сил под заделкой равно реакции заделки.

Заметим, что, применяя метод сечения, выгоднее рассматривать равновесие части бруса, расположенной со стороны его свободного конца, в противном случае необходимо заранее определять и вводить в уравнение равновесия реакцию заделки.

Для построения эпюры δ определим нормальные напряжения на участках бруса, беря отношение значения продольной силы (из эпюры N) к площади поперечного сечения. Тогда на первом участке нормальные напряжения будут $\delta_1 = P/F$, на втором $\delta_2 = -2P/F$, на третьем $\delta_3 = -2P/2F = -P/F$. Правила построения эпюры δ те же, что и для эпюры N , включая и правило знаков.

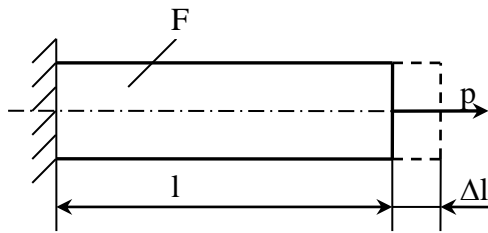
В пределах каждого из участков напряжения постоянны, поэтому эпюра δ на каждом участке — прямая, параллельная оси. Для наглядности на эпюрах N и δ знаками «+» и «—» отмечаются положительные и отрицательные значения участков эпюр.

Для расчетов на прочность особый интерес представляют те сечения бруса, в которых напряжения являются по абсолютному значению максимальными. Эти сечения являются предположительно *опасными*. В нашем примере такими будут сечения бруса на втором участке.

Вопросы:

1. Дать определения основным понятиям растяжения и сжатия
2. Построить эпюры нормальных сил и напряжений

Занятие №22
Деформации при растяжении



Дано:

Прямой брус длиной l , площадью F нагруженный силой P . Под действием силы брус удлинится на Δl которая называется абсолютным удлинением.

Отношение абсолютного удлинения Δl к первоначальной длине l называется **относительным удлинением**.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100\%$$

ε – выражают в процентах

Закон Гука при растяжении и сжатии

Нормальное напряжение прямо пропорционально относительному удлинению или укорочению.

$$\sigma = E\varepsilon$$

E - модуль продольной упругости, характеризует жесткость материала, т.е. его способность сопротивляться физическим деформациям, измеряется в МПа.

Чугун $(1,5-1,6) \cdot 10^5$

Дерево $(0,1-0,16) \cdot 10^5$

Капрон $(0,1-0,02) \cdot 10^5$

$$\sigma = \frac{N}{F} ; \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} ;$$

$$\Delta l = \frac{Nl}{FE}$$

$\frac{FE}{l}$ - называется жесткостью бруса при растяжении.

Закон Гука

Абсолютное удлинение или укорочение прямо пропорционально продольной силе и обратно пропорционально жесткости сечения бруса.

Примечание: формулы справедливы только для брусьев постоянного поперечного сечения, изготовленных из одного материала и при постоянной продольной силе.

$$\Delta l = \sum \Delta l_i$$

Δl - абсолютное удлинение бруса

Δl_i - абсолютное удлинение отдельных участков

Вопросы:

1. Дать определения деформациям при растяжении
2. Сформулировать закон Гука.

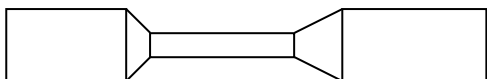
Занятие №23

Испытание материалов на растяжение.

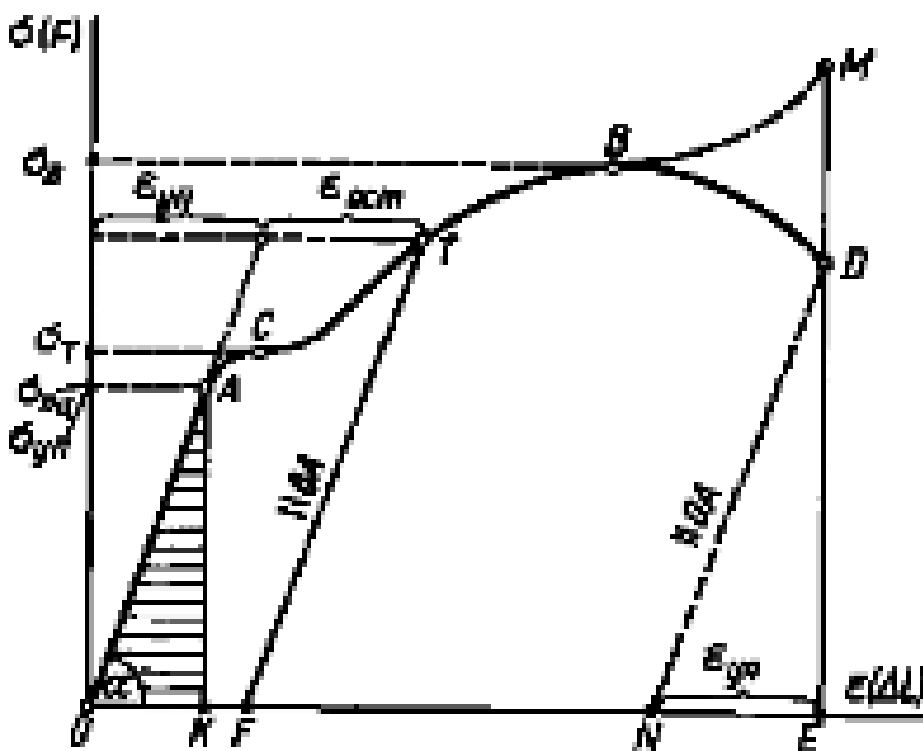
Основные свойства: прочность, жесткость, устойчивость, пластичность, упругость, твердость.

По характеру нагрузок испытания подразделяются на статические, динамические и испытания на выносливость (при напряжениях периодически изменяющихся во времени).

Механические испытания проводят на образце утвержденным ГОСТ. вот такого типа



Наиболее распространенное статическое испытание на растяжение проводится на силовых машинах.



До точки А -зависимость между силой F и ΔL линейная.

ОтА до С -возникает первая остаточная деформация.

От точки С- рост удлинения без увеличения нагрузки, площадка текучести .

В точке В образуется шейка и сила F уменьшается

В точке D- усилие разрыва.

Так как усилия и удлинения зависят от размеров образца используется условная диаграмма растяжения.

$G_{пц}$ – предел пропорциональности

G_y – предел упругости

G_T - предел текучести.

$G_{пч}$ - предел прочности

Примечание:

Образцы для испытания на сжатие имеют форму цилиндра с отношением $h/d = \frac{1}{3}$.

Значения пределов пропорциональности и текучести для пластичных материалов одинаковы, диаграммы совпадают.

Но для чугуна предел прочности на сжатие в 3 раза выше, чем при растяжении.

Вопросы:

1. Дать определения основным свойствам.
2. Как подразделяются испытания
3. Начертить диаграмму испытания на растяжение
4. Охарактеризовать усилия на диаграмме

Занятие №24

Расчет на прочность.

Для обеспечения прочности элементов необходимо так выбрать их размер и материал, чтобы возникающие в них при эксплуатационных нагрузках напряжения были меньше предельных

Предельные напряжения $G_{пред}$ – при достижении, которых появляются признаки разрушения или возникают пластически деформации. (зависит от свойств материала и вида деформации)

Допустимые напряжения $[G]$ - наибольшее напряжения, которые можно допустить в рассчитываемой конструкции из условий ее безопасности, надежности и долговечности.
(зависит от запаса прочности)

Расчетное напряжение G – напряжения, которые возникают в элементе конструкции под действием приложенных к нему нагрузок.

Расчетный коэффициент запас прочности. - отношение предельного напряжения к расчетному называется

Допускаемый коэффициент запаса прочности -отношение предельного напряжения к допускаемому.

Основное условие прочности.

$$G \leq [G]$$

Расчетное напряжение меньше или равно допустимому

В зависимости от цели расчета различают три вида расчетов на прочность:

1. Проверочный
2. Проектный
3. Определение допускаемой нагрузки.

I. При проверочном расчете известны нагрузки; допустимые напряжения $[G]$ и размеры. Определяем предельное напряжение и сравниваем с допустимым.

$$G_{пред} = \frac{N}{F} \leq [G]$$

N - продольная сила в опасном сечении.

F - площадь опасного сечения.

$[G]$ - допускаемое напряжение при сжатии или растяжении..

II. При проектном расчете.

Нагрузки и материал известны, определяем площадь поперечного сечения бруса в опасном сечении.

III. Определение допускаемой нагрузки производится если известна площадь то есть размеры бруса и его материал. $[G]$

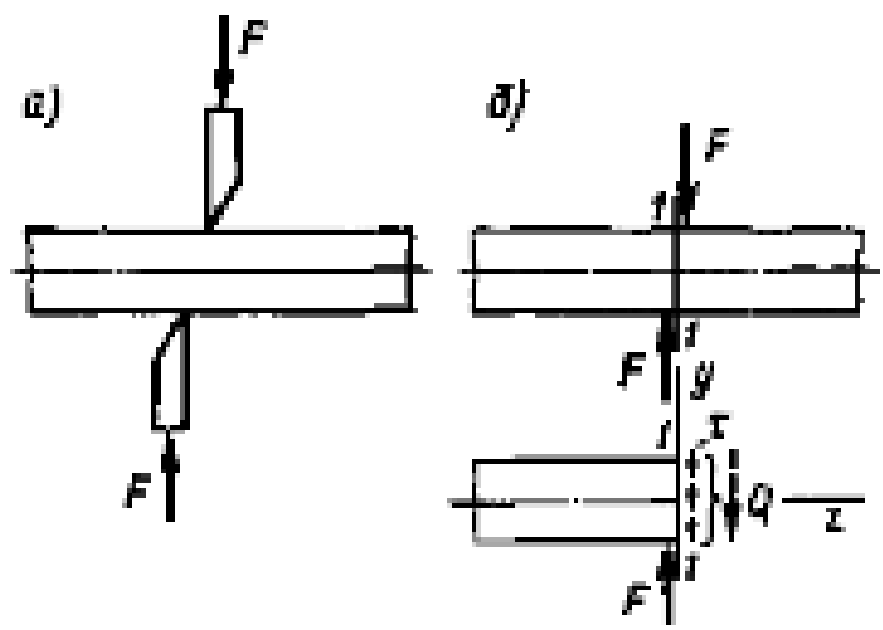
Вопросы:

1. Дать определения предельным, допустимым и расчетным напряжениям
2. Провести проверочный расчет
- 3 Провести проектный расчет и дать определение допускаемой нагрузки

**Занятие №25
Сдвиг**

Сдвигом называется такой вид деформации, при которой в любом поперечном сечении бруса возникает только поперечная сила.

Пример: резка ножницами.



К брусу приложены две силы P
 Определить силу Q .
 Применим метод сечения
 $\sum y = 0; P - Q = 0; P = Q$.

Q – равнодействующая внутренних касательных сил

Действует только касательные напряжения τ

$$\tau = \frac{Q}{F}$$

Условие прочности при сдвиге:

$$\tau = \frac{Q}{F} \leq [\tau]$$

Касательное напряжение при сдвиге не должно превышать допускаемого

Закон Гука и деформация при сдвиге



Деформация сдвига заключается в перекашивании углов параллелепипеда.

Характеризуется углом γ и называется **относительным сдвигом** т.к. этот параметр не зависит от высоты: величина b , b_1 называется **абсолютным сдвигом**.

Закон Гука

Касательное напряжение прямо пропорционально относительному сдвигу

$$\tau = G\gamma$$

G -коэффициент пропорциональности называется модулем сдвига и модулем упругости второго рода.

$G=0,25 \text{ Ест}$;

Вопросы:

1. Сформулировать основные определения сдвига
2. Закон Гука и деформации при сдвиге

Занятие №26

Кручение

Кручением называется такой вид деформации, при котором в любом поперечном сечении бруса возникает только крутящий.

Момент кручения возникает если к прямому брусу в плоскостях перпендикулярно оси приложить пары сил обозначается буквой T .

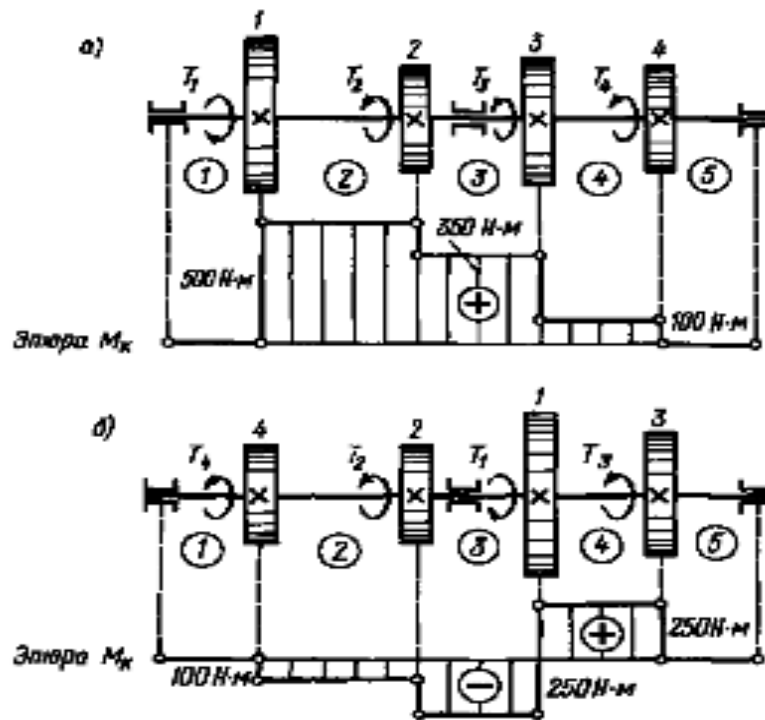
Деформация кручения круглого цилиндра заключается в повороте поперечных сечений друг друга вокруг оси кручения.

В поперечных сечениях возникают только внутренние силы, образующие крутящий момент.

Эпюра крутящих моментов.

Эпюра-это схема распределения крутящих моментов вдоль оси бруса.

Крутящий момент в любом поперечном сечении численно равен алгебраической сумме внешних моментов, приложенных к брусу справа или слева от сечения.



Пример: Построить эпюру крутящих моментов для трансмиссионного вала, изображённого на рис. Вращающие моменты равны: $T_1=500 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $T_2=150 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $T_3=250 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $T_4=100 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Решение: Разбиваем вал на участки, как показано на рис. Применяем метод сечения и принцип смягченных граничных условий. Условимся откладывать положительные крутящие моменты вверх от оси эпюры, а отрицательные – вниз. Строим эпюру крутящих моментов

На первом, а также на пятом участках крутящих моментов равен нулю, так как вращающий момент на этих участках отсутствует. Поэтому проводим горизонтальную прямую по оси эпюры до шкива 1, где эпюра делает «скачок», равный величине вращающего момента, т. е. $500 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Затем проводим горизонтальную прямую до шкива 2, где приложен вращающий момент, равный $150 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Здесь эпюра снова делает «скачок» вниз (вспомним правило знаков). Аналогично строится эпюра крутящих моментов и на других участках.

Заметим, что «скачок» на эпюре крутящих моментов всегда численно равен значению вращающего момента, приложенного в рассматриваемом сечении.

Из эпюры видно, что наибольший крутящий момент будет на втором участке:

$$M_{K \max} = M_{K2} = 500 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Рациональным размещением шкивов можно добиться уменьшения значения $M_{K \max}$. На рис. изображены схема расположения шкивов и соответствующая ей эпюра M_K , из которой видно, что наибольшее значение крутящего момента $M_{K \max} = M_{K4} = 250 \text{ Н}\cdot\text{м}$, т.е. в два раза меньше, чем в первом случае.

Такое расположение шкивов является экономически выгодным, поскольку позволяет передавать заданные мощности с помощью вала меньшего диаметра.

Наиболее целесообразно такое размещение шкивов на валу, при котором наибольшие положительные и отрицательные значения крутящих моментов на участках будет по возможности одинаковыми (см. эпюру M_K)

Вопросы:

1. Дать определение эпюры крутящих моментов
2. Построить эпюру для двух моментов

Занятие №27
Расчет на прочность
и жесткость при кручении.

Расчет на прочность:

Касательное напряжение в опасном сечении не должно превышать допускаемого

$$\tau \leq [\tau]$$

Расчет на жесткость :

Заключается в том, что угол закручивания 1м длины вала не должна превышать определённой допускаемой величины.

Производится 3 вида расчетов на прочность и жесткость

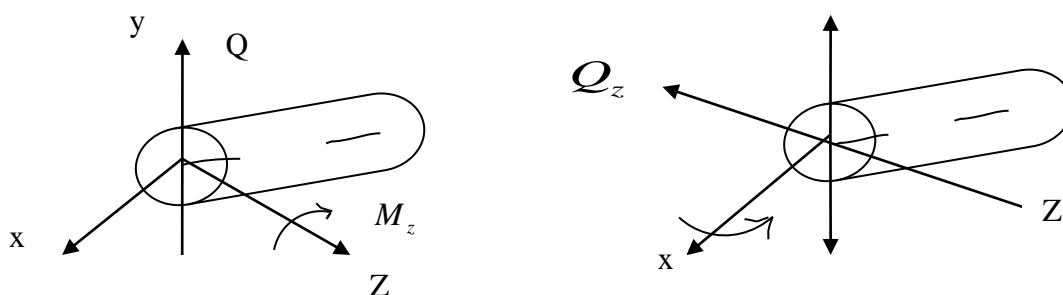
1. Проектный
2. Проверочным
3. Определение допускаемой нагрузки:

Изгиб.

Чистым изгибом называется такой вид деформации при котором в любом поперечном сечении возникает только изгибающий момент.

При чистом изгибе в поперечных сечениях бруса возникают только нормальные напряжения растяжения и сжатия, неравномерно распределенные по сечению.

Поперечный изгиб- вид нагружения и деформации когда в сечении возникает два силовых фактора M_z или Q_y



Изгибающий момент – есть алгебраическая сумма моментов всех внешних сил приложенных к отсеченной части относительно соответствующей оси.

$$M_z = \sum M - \text{моментов внешних сил отсеченной части}$$

Поперечная сила – это алгебраическая сумма проекций всех внешних сил приложенных к отсеченной части на соответствующую ось.

$$Q_y = \sum P_{ny} - \text{внешних сил отсеченной части}$$

Вопросы:

1. Расчет на прочность и жесткость при кручении
2. Начертить схем и рисунки на доске
3. Дать определения чистому и поперечному изгибу
4. дать определения изгибающему моменту и поперечной силе

Занятие №28

Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил

Пример:

Построить эпюру поперечных сил и изгибающих моментов для балки, шарнирно закреплённой двумя концами и нагруженной сосредоточенной силой F , как показано на рисунке

Решение. Выбираем систему координат с началом на левом конце балки. Заметим, что в общем случае *границами участков* балки являются концы балки, опоры, начало и конец распределённой нагрузки, точки приложения сосредоточенных сил и внешних моментов. В данном примере границами участков являются точка C , в которой приложена сосредоточенная сила F , а также опоры A и B . Следовательно, данная балка состоит из двух участков.

Определим опорные реакции R_A и R_B , состав уравнения относительно опор A и B :

$$\sum M_A = 0; \quad -F_a + R_B L = 0, \text{ откуда } R_B = F_a / L;$$

$$\sum M_B = 0; \quad -R_A L + F b = 0, \text{ следовательно, } R_A = F b / L$$

Проверим правильность определения реакции, составив уравнение проекций на ось y :

$$\sum Y = 0; \quad R_A - F + R_B = 0,$$

$$F b / L - F + F_a / L = F (a+b) / L - F = F - F = 0.$$

Полученное тождество $0 = 0$ говорит о том, что реакции определены правильно.

Приступим к построению эпюр.

Построение эпюры поперечных сил. На первом участке, между опорой A и точкой C , поперечная сила Q_1 положительна, постоянна и равна R_A , так как слева от сечения $1-1$ других сил нет.

Откладываем вверх от оси эпюры в произвольном масштабе $Q_1 = R_A = F b / L$, затем проводим прямую, параллельную оси эпюры.

Значение поперечной силы на втором участке будет равна Q_2 , где

$Q_2 = R_A - F = F b / L - F = -F (L - b) / L = -F_a / L = -R_B$ (то же получим, если рассмотрим часть балки, расположенную справа от сечения $2-2$).

В точке приложения сосредоточенной силы F эпюра Q имеет скачок, численно равный F .

Вид эпюры Q показан на рисунке.

Построение эпюры изгибающих моментов. В любом сечении $1-1$ на первом участке выражение для изгибающего момента имеет вид $M_{1и} = R_A z$, причём z изменяется от 0 до a . Поскольку z содержится в этом уравнении в первой степени, эпюра моментов будет представлять собой прямую линию.

Для построения эпюры $M_{и}$ достаточно найти значения моментов на границах участка, . при $z = 0$ и $z = a$;

$$\text{при } z = 0 \quad M_{1и} = 0; \quad \text{при } z = a \quad M_{1и} = F a / L$$

Для определения изгибающего момента в сечении $2-2$ проще рассмотреть правую часть балки, на которую действует одна сила:

$$M_{2и} = R_B (L - z),$$

причём z меняется от a до L

Эпюра моментов на втором участке также будет изображаться прямой линией. Найдём значения изгибающего момента на границах участка:

$$\text{при } z = a \quad M_{2и} = F_b (L - a) / L = F_{ab} / L$$

$$\text{при } z = L \quad M_{2и} = F_b (L - L) / L = 0$$

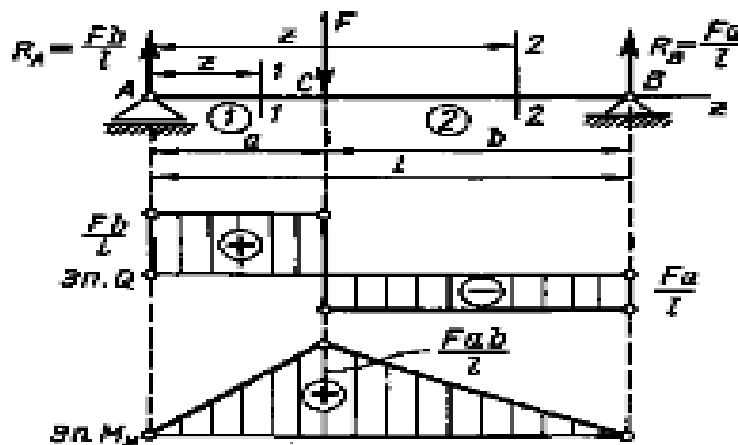
По полученным значениям строим эпюру $M_{и}$. Наибольшее значение $M_{и}$ будет иметь под сосредоточенной силой:

$$M_{и \max} = F a b / L$$

Это сечение будет опасным.

В частном случае, когда сила P приложена в середине балки,

$$a = b = L / 2 \quad \text{и} \quad M_{и \max} = F L / 4$$



Расчет на прочность при изгибе

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq [U]$$

Нормальное напряжение в опасном сечении не должно превышать допускаемого. Чем больше W (момент сопротивления) тем меньше расчетное напряжение.

Для прямоугольника $W = \frac{bh^2}{6}$

Для круга $W = 0,1 d^3$

Для кольца $W \approx 0,1 \frac{D^4 - d^4}{D}$

Примечание:

Так как вблизи нейтральной оси материал мало напряжен, то выгодно больше материала расходовать дальше от нейтральной оси.

Применяются тавровые, двух тавровые, угловые швеллерные и другие сечения.

Вопросы:

1. Расчет на прочность при изгибе.

2. Построение эпюр изгибающих моментов

Занятие №29

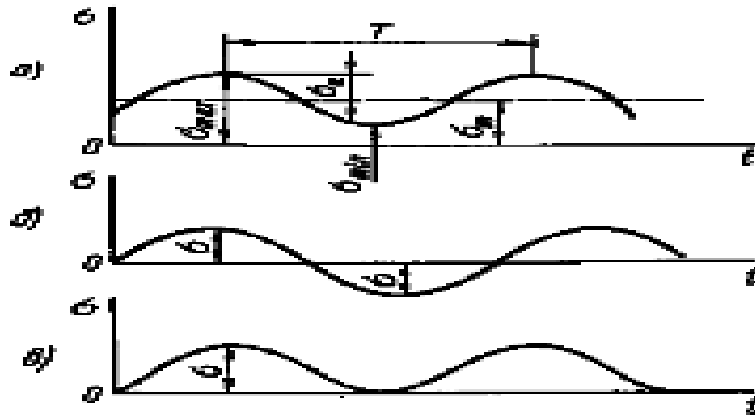
Понятие об усталости материалов

Анализ поломок различных деталей машин показывает, что материалы длительное время подвергающиеся действию переменных нагрузок, могут разрушаться при напряжениях более низких чем предел прочности и предел текучести.

Разрушения происходят от того что в рассматриваемой детали появляется микротрещина, которая развивается и в конце концов деталь разрушается.

Усталостью называется разрушение материала, вызванное многократным действием переменных напряжений.

Переменные напряжения могут иметь установившийся и не установившийся режим.



Пределом выносливости называется максимальное значение периодически меняющиеся напряжения при котором материал может сопротивляться разрушению неограниченно долго,

Предел выносливости определяется для переменных симметричных напряжений G_{-1} , отнулевых G_0 , и ассиметричных G_R .

Расчёт на прочность при переменных напряжениях

Расчёты на прочность при переменных напряжениях в большинство случаев выполняются как проверочные.

$$n \geq [n]$$

n – расчетный коэффициент запаса прочности

$[n]$ - допустимый коэффициент запаса прочности

При симметричном цикле:

$$n_6 = \frac{\sigma_{-1} \cdot \varepsilon_6 \cdot \beta}{K_6 \cdot \sigma}$$

σ – номинальные значения максимальных нормальных напряжений.

K_6 - эффективный коэффициент концентрации напряжений.

ε_6 - коэффициент учитывающий влияние абсолютных размеров детали.

σ_{-1} - предел выносливости для переменных симметричных напряжениях

β - коэффициент качества поверхности.

Примечание:

В случае сочетания основных деформаций (изгиба, кручения) общие коэффициент запаса прочности n определяется из выражения

$$n = \frac{n_6 \cdot n_T}{\sqrt{n_6^2 + n_T^2}}$$

Вопросы:

1. Понятие об усталости материалов

2. Расчёт на прочность при переменных напряжениях

Занятие №30 Устойчивость сжатых стержней.

Расчёты на прочность и жёсткость приведённые на предыдущих занятиях делались из предположения, что при малых прикладываемых силах соответствуют малые отклонения.

Тела находились в равновесии.

Нагрузки при которых происходит потеря устойчивости называется **критическими** и соответствующие состояние - **критическим**.

При критическом значении сжимающей силы прямолинейная форма становится неустойчивой и после малых возмущений стержень приобретает новую форму в виде изогнутой оси.

Сила при которой стойка или стержень изгибаются т. е. теряют устойчивость называется **критической**.

Изгиб, связанный с потерей устойчивости стержня прямолинейной стороны называется **продольным изгибом**.

Для обеспечения устойчивости необходимо, чтобы действующая на стержень сжимающая сила P была меньше критической $P_{кр}$.

$$[P] = P_{кр} / [n_y]$$

$[p]$ – допускаемая сжимающая сила.

$[n_y]$ – допускаемый коэффициент запаса устойчивости.

Для сталей $[n_y] = 1.8 - 3$

Расчеты на устойчивость

1. Проверочный расчет

$$n_y = \frac{P_{кр}}{P} \geq [n_y]$$

n_y - расчетный коэффициент запаса устойчивости.

$P_{кр}$ - критическая сила

2. Определения допускаемой нагрузки.

$$[P] = P_{кр} / [n_y]$$

Вопросы:

1. Дать определение критической силы и продольного изгиба
2. Написать формулы расчетов на устойчивость

Раздел 5. Детали машин

Занятие №31 Основные понятия.

Классификация машин:

1. Рабочие машины

а) Технологические машины выполняют работу по изменению формы, размеров, свойств обрабатываемых изделий и материалов

б) Транспортные машины – это машины служащие для перемещения различных грузов

2. Энергетические машины – это машины предназначенные для преобразования энергии любого вида в энергию движения исполнительных органов.

3. Специальные машины–контрольно-управляющие машины, логические и кибернетические,

Основные определения:

Любая машина, механизм или прибор состоит из отдельных деталей объединяемых в сборочные единицы.

1. Деталь – изделие изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций

А) простые

Б) сложные.

В) общего применения (болты, гайки, зубчатые колеса)

Г) специального назначения (поршни, гребные винты)

2. Узел – законченная сборочная единица состоящая из ряда деталей имеющих общее функциональное значение (подшипник качения , редуктор)

3 Сборочная единица – изделие, составные части которого подвергаются соединению между собой на предприятии изготовителя.

Вопросы:

1. Определение машины и механизма

2. Классификация машин

3. Определение понятия деталь и разновидности деталей с примерами

4. Определение понятий узел и сборочная единица и примеры

Занятие №32

Требования к машинам и деталям.

1) Высокая производительность и надежность.

Надежность - свойства выполнять заданную функцию, сохраняя свои эксплуатационные показатели в течении требуемого промежутка времени или требуемой наработки. Критерии надежности- безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость

Надежность обеспечивает работоспособность
Основным критериями работоспособности является прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость.

2) Удобство и безопасность обслуживания.

3) Экономичность в изготовлении и эксплуатации

Это масса, материал. При эксплуатации рабочий как можно меньше должен тратить на уход за машиной.

4) Небольшие габариты.

5) Низкая металлоемкость и энергоемкость.

6) Технологичность – это способность конструкции обеспечивать заданные эксплуатационные показатели, при наименьших затратах времени, труда ,материалов и средств на ее создании.

7) Максимальная взаимозаменяемость и унификация узлов и деталей

8) Транспортабельность.

9) Соблюдение правил технической эстетики.

Вопросы:

1. Определение и критерии надежности и производительности
2. Объяснение критериев экономичности, технологичности и удобства и безопасности обслуживания на примерах конкретных изделий.
3. Объяснение понятия взаимозаменяемости и унификации на конкретном изделии
4. Пример правил технической эстетики

Занятие №33

Соединение деталей

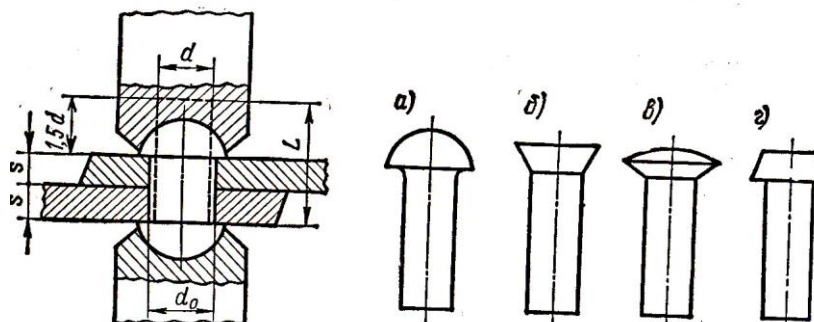
Виды соединений

- 1) **Неподвижные неразъемные** – это такие соединения, которые не возможно разобрать, разъединение которых связано с повреждением или полным разрушением (гарантированный натяг, развальцовка, сварка, пайка, клепка, склеивание)
- 2) **Подвижные неразъемные** – подшипники качения, втулочно-роликовые цепи.

- 3) **Неподвижные разъемные** – это такие соединения, которые можно разобрать без повреждения соединяемых и скрепляющих деталей (резьбовые, шпоночные, шлицевые)
- 4) **Подвижные разъемные** – это соединения полученные подвижной посадкой

Неразъемные соединения Заклёпочные соединения

Заклепочные соединения применяются для скрепления деталей из листового материала или фасонных прокатных профилей.

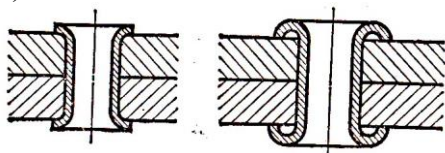


L – длина заклепки
d – диаметр
 $d_0 = d + (0.2 + 2) \text{ мм}$

Классификация

I) В зависимости от конструкции заклепки

- а) полукруглая
- б) потайная
- в) полупотайная
- г) плоская



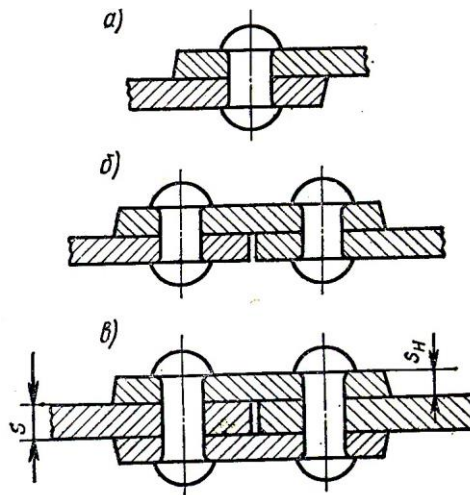
е) пустотелая

II. По назначению

- а) Прочные (для металлоконструкций)
- б) Прочноплотные (для котлов высокого давления)
- в) Плотные (резервуары с низким давлением)

III. По виду соединения разделяются

- а) нахлесточные
- б) стыковые с одной накладкой
- в) стыковые с двумя накладками



IV. По расположению заклепок

- а) однорядные
- б) многорядные в шахматном порядке

V. По числу сечений

- а) односрезные
- б) двухсрезные

Материал: Сталь общего назначения Ст2, Ст3; алюминий и медь.

Вопросы:

1. Нарисовать на доске схему заклепочного соединения.
2. Перечислить основные виды заклепок
3. Перечислить изделия в которых применяются клепка и материалы для их изготовления

Занятие №34 Сварные соединения.

Сварка-это процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их плотном или общем нагреве или пластическом деформировании.

Два основных вида :

- 1.сварка плавления
2. сварка давлением.

Наиболее распространенные виды сварки:

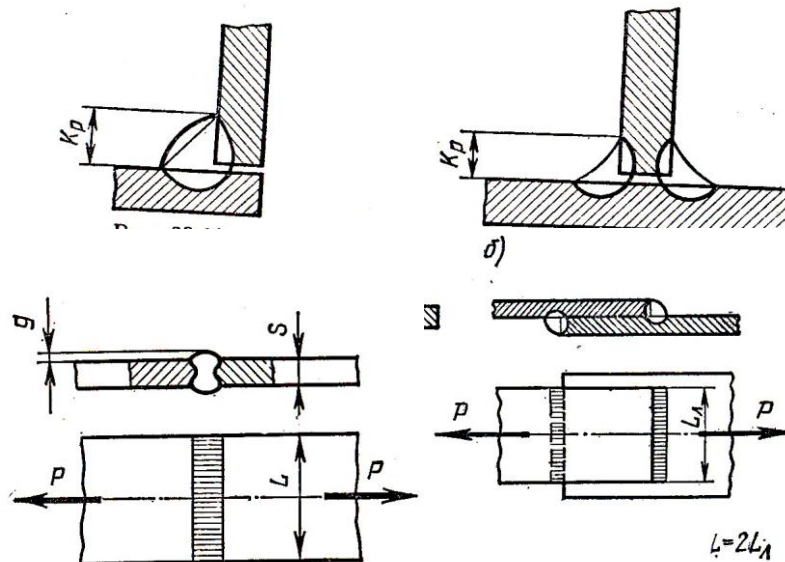
- 1)дуговая, - дуговая ведется плавящимся электродом.
- 2) контактная.- основана на местном нагреве зоны контакта соединяемых деталей, стык размягчается и при сдавливании образует прочное соединение.

Достоинства –

- а) герметичность.
- б)технологичность
- . в)невысокая стоимость
- .г) экономия металла
- .д)отсутствие выступающих частей.

Недостатки-

- а)коробление,
- б) опасность с появлением трещин,
- в)понижение прочности.



Виды сварных соединений.

- Стыковое
- Нахлесточное
- Угловое
- Тавровое

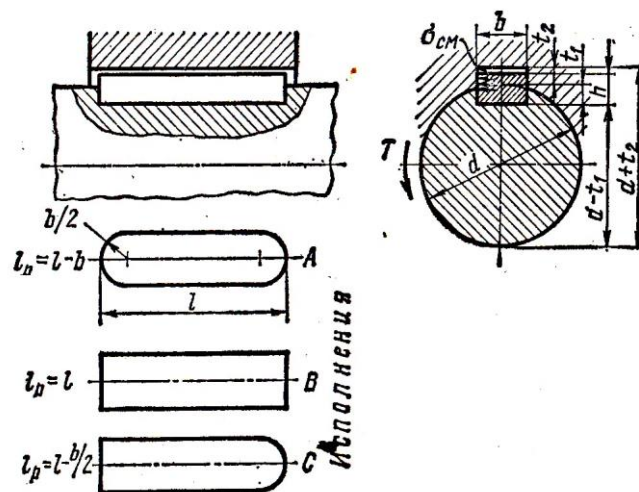
Вопросы:

1. Начертить на доске схемы различных сварных соединений
2. Дать определение и перечислить достоинства и недостатки
3. Привести примеры изделий ж.д. транспорта с различными видами сварки

Занятие №35

Шпоночные и шлицевые соединения

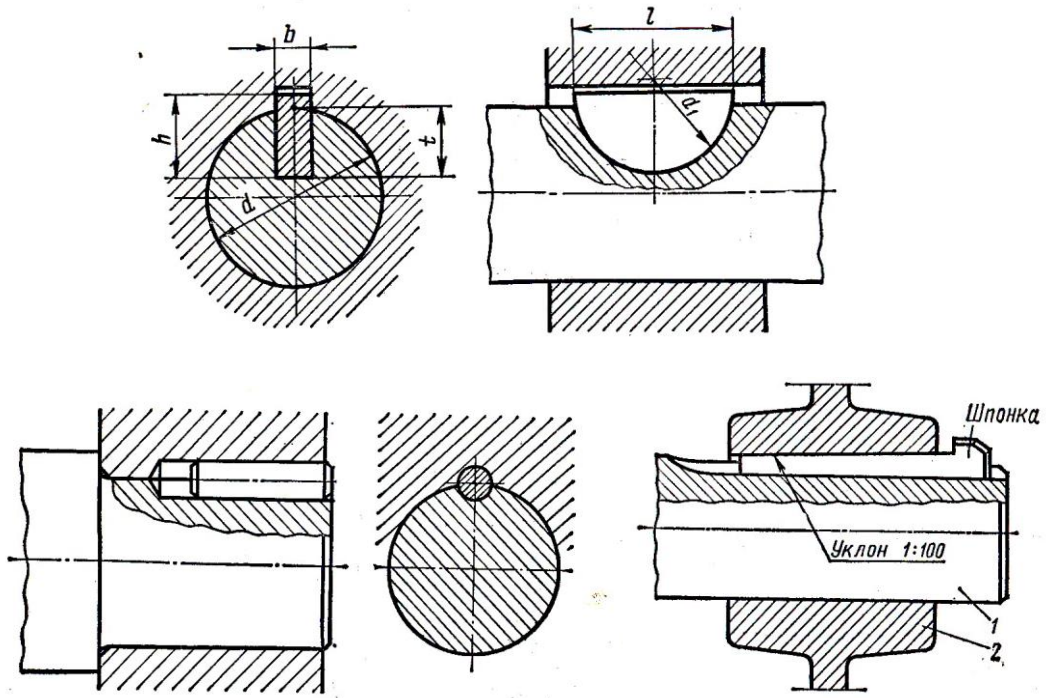
Шпоночное соединение –служит для передачи вращающего момента от вала к установленным на нем деталям (шкивам, зубчатым колесам и маховикам)



Классификация по конструкции

1. призматические
2. сегментные

3. круглые
4. клиновые



Шлицевое соединение можно представить как шпоночное у которого шпонки выполнены как одно целое с валом

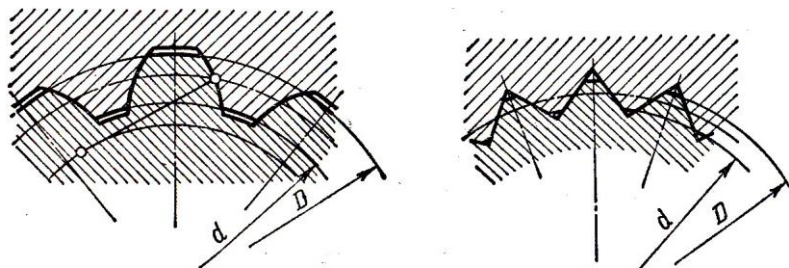
Преимущества:

1. передает большие вращающие моменты
2. обеспечивает лучшее центрирование
3. Дает возможность перемещать втулки по длине вала (карданный вал)

Классификация

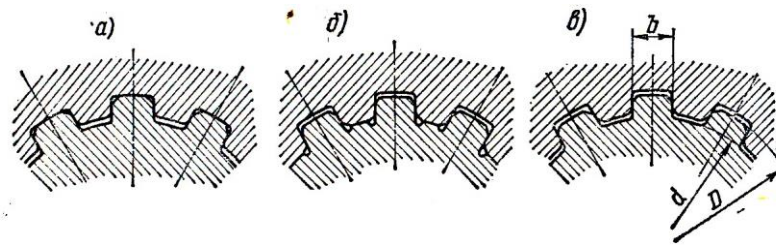
1. По профилю:

- а) прямобочное
- б) Эвольвентное
- в) треугольное



1. По способу центрирования

- а) по наружному диаметру
- б) по внутреннему диаметру
- в) по боковым граням



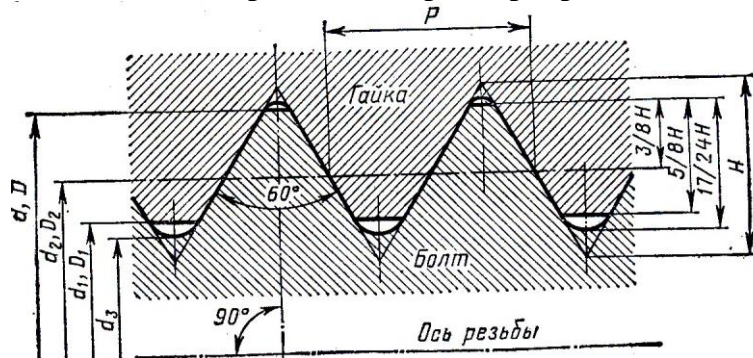
Вопросы

1. Начертить на доске схемы шпонок и шлицевых соединений
2. Дать определение и рассказать о преимущества шпоночного соединения
3. Привести классификацию шпоночных соединений
4. Дать определение шлицевому соединению и перечислить достоинства
5. Привести классификацию шлицевых соединений

Занятие №36 Винтовые механизмы

Резьба- поверхность образованная при винтовом вращении плоского контура

Геометрические параметры резьбы

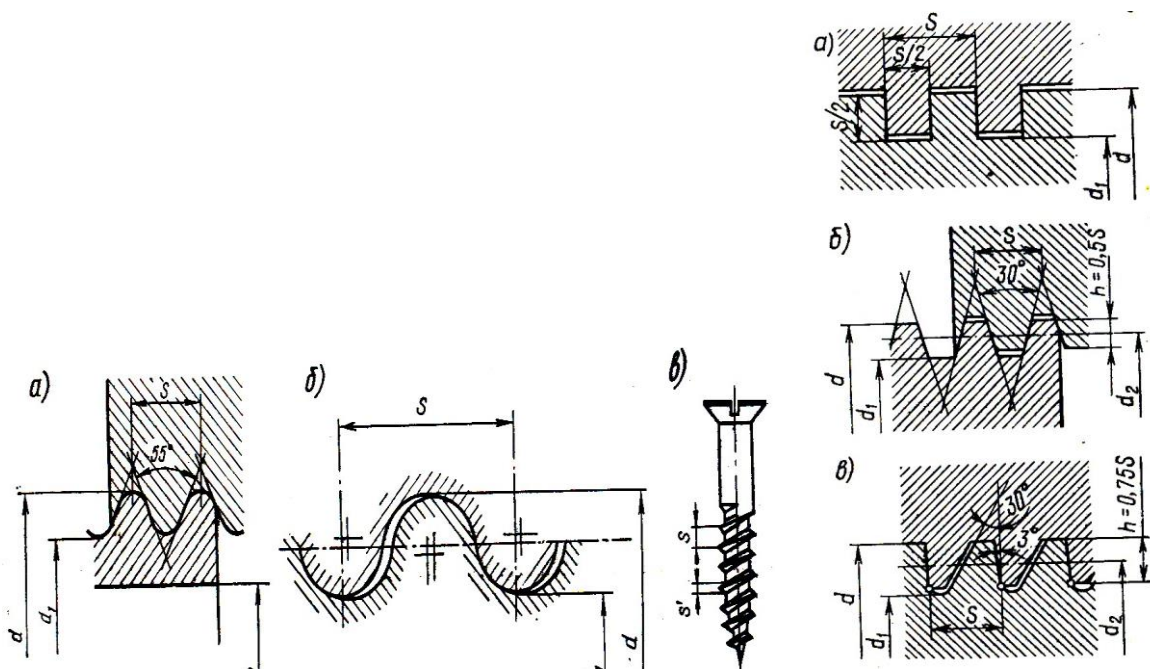


Основные типы резьб.

Разделяются по назначению и форме профиля .

1. Резьбы крепежные

- 1). Метрическая треугольная
- 2). Трубная
- 3). Круглая
- 4). Резьба винтовая для дерева



2. Резьба винтовых механизмов

- 1). Прямоугольная
- 2). Трапецеидальная, симметричная
- 3). Трапецеидальная, не симметричная угольная.

Основными типами крепежных деталей являются:

- 1). Болт
- 2). Винт
- 3). Шпилька

Вопросы:

1. Начертить на доске схему метрической резьбы
2. Начертить на доске основные типы резьб
3. Назвать основные параметры метрической резьбы
4. Назвать основные типы резьб

Занятие №37

Основные понятия о передачах.

Передачами называются механизмы служащие для передачи механической энергии на расстояние.

По принципу передачи движения от ведущего к ведомому делятся::

1. Передача трением с непосредственным контактом жестких тел. (фрикционные)
2. Передачи трением с гибкой связью. (ременная)
3. Заципление с непосредственно контактом твердых тел. (зубчатые, винтовые, червячные)
4. Заципление с гибкой связью. (цепные, с зубчатыми ремнями)

Основные характеристики:

- 1). N_1 и N_2 -мощность на ведущем и ведомом валах в кВт
- 2). ω_1 и ω_2 -угловая скорость рад/сек.
- 3). n_1 и n_2 -частота вращения об/мин.

Производные характеристики:

- 1). КПД $J = \frac{P_2}{P_1}$

2). Окружная скорость $V = \frac{W}{2} \cdot d = \frac{nKd}{60}$ –

3). Окружная сила передачи $F = \frac{P}{U}$;

4). Вращающий момент $M = \frac{P}{W}$;

При расчете часто пользуются зависимостью между угловыми скоростями на валах.

$$U = \frac{W1}{W2} = \frac{n1}{n2} = \frac{d1}{d2};$$

5. Передаточное число – это отношение угловых скоростей или частот вращения ведущего и ведомого валов.

Вопросы:

1. Определение и классификация передачи

2. Перечислить основные характеристик передач

3. Дать определение КПД, окружной скорости, окружной силы, моменту и передаточному числу.

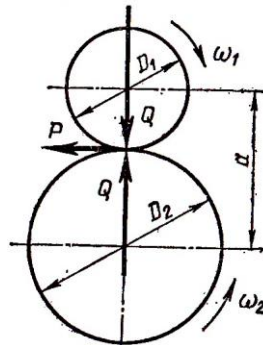
Занятие №38

Фрикционные передачи.

Это передача трением с непосредственным контактом элементов.

Состоит из двух катков прижатых друг к другу внешней силой Q

Движением передается возникающей между катками силой трения.



Достоинства – плавность, бесшумность, возможность бесступенчатого регулирования передаточного числа, предохранением от поломок вследствие скольжения.

Недостатки:

1) Большие нагрузки на валы.

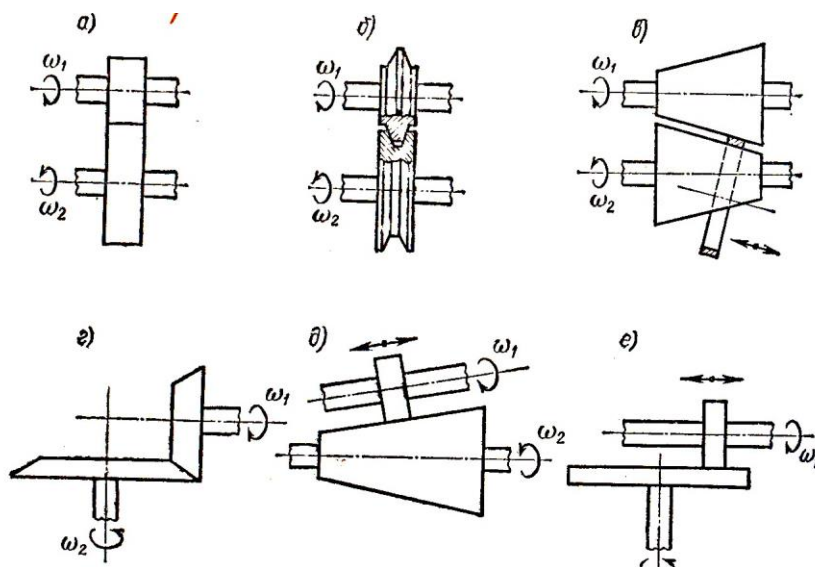
2) Непостоянство передаточного числа из-за скольжения катков.

Классификация

1. По способу регулирования:

а) Передачи не регулируемые.

б) Передачи регулируемые или вариаторы

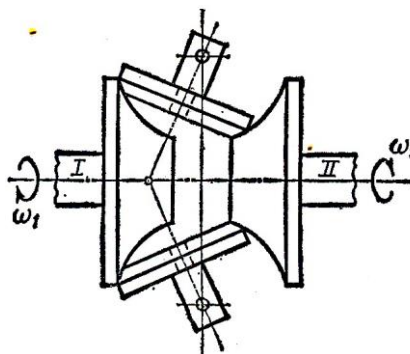


2. По расположению валов:

- А) Параллельные
- Б) Пересекающиеся
- В) Соосные.

3. По форме катков:

- А) цилиндрические
- Б) конические
- В) Сферические
- Г) Торoidalные



4. По способу передачи окружной силы:

- А) непосредственным касанием
- Б) С помощью промежуточных деталей

5. По назначению:

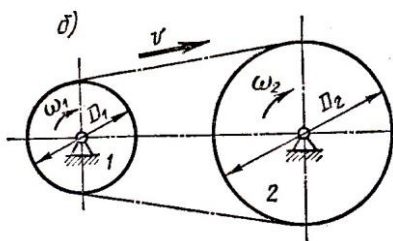
- А) С постоянной угловой скоростью ведомого вала
- Б) С переменной угловой скоростью ведомого вала .

Вопросы:

1. Нарисовать на доске схемы фрикционных передач.
2. Дать определение фрикционной передачи перечислить недостатки и достоинства
3. Перечислить пункты классификации

Занятие №39 Ременная передача

Передача относится к передачам гибкой связью

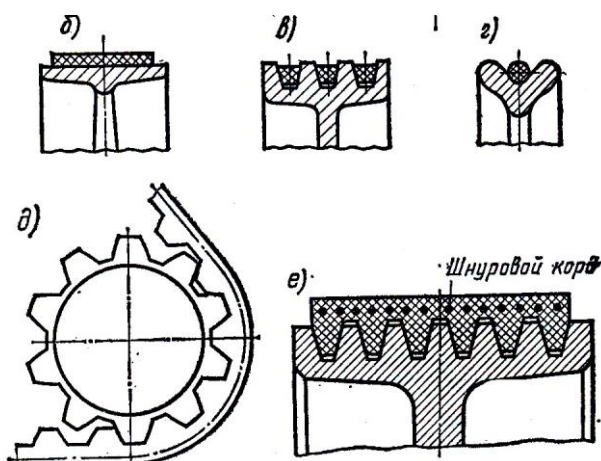


Нагрузка передается силами трения, возникающими между шкивами и ремнем, предварительно натянутым

Классификация

А) В зависимости от формы поперечного сечения ремня разделяют

1. плоскоременные
2. клиноременные.
3. круглоременные
- 4 зубчатые



Б) В зависимости от конструкции

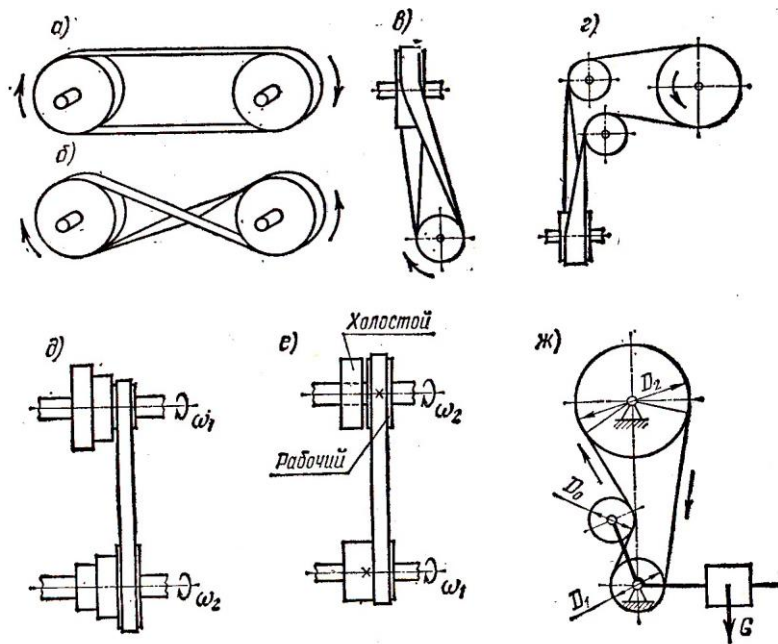
1. Открытая
2. Перекрестная
3. Полуперекрестная
4. Угловая
5. Регулируемая
6. Передача с натяжным роликом

Достоинства:

1. Плавность и бесшумность работы
2. Простота конструкции и эксплуатации
3. Возможность передачи мощности на большие расстояния (15м)
4. Предохранение механизма от перегрузки вследствие возможного проскальзывания
5. Возможность бесступенчатого регулирования

Недостатки:

1. Большие габариты
2. Непостоянство передаточного числа
3. Повышенная нагрузка на валы



Основные типы ремня.

1. Кожаные - высокая стоимость.
2. Прорезиненные ремни - боятся масла
3. Х/б ремни - цельные ткани
4. Шерстяные ремни - многослойная шерстяная основа . Слабые тяговые свойства при значительной упругости.

Вопросы:

1. Нарисовать на доске схему ременной передачи и схему поперечного сечения ремней
2. Нарисовать схемы по конструкции
3. Дать определение ременной передачи и классификацию
4. Назвать достоинства и недостатки

Занятие №40 Зубчатые передачи.

Основные понятия и определения.

Принцип действия передачи основан на зацеплении пары зубчатых колес передачи

Меньшее колесо – шестерня

Большее – колесо.

Достоинства:

- 1) Высокая нагрузочная стабильность;
- 2) Малые габариты;
- 3) Большая надежностью и долговечность;
- 4) Постоянство передаточного числа;
- 5) Высокий КПД;
- 6) Простота эксплуатации.

Недостатки:

- 1). Повышенные требования к точности изготовления и монтажу.
- 2) Шум при больших скоростях.
- 3) Высокая жесткость не позволяющая компенсировать динамические нагрузки.

Классификация.

А) По взаимному расположению валов.

1. цилиндрические - с параллельными осями.
2. с пересекающимися осями.
3. со скрещивающимися осями.
4. цилиндрические винтовые
5. конические гипоидные
6. червячные

Примечание: для преобразования вращения движения в поступательное и наоборот, применяется реечная передача- в частном случае цилиндрическая.

Б) По взаимному расположению зубчатых колес.

1. с внешним зацеплением.
2. с внутренним зацеплением.

В) По расположению зубьев на поверхности колес.

1. прямозубые
2. косозубые
3. шевронные
4. с круговым зубом.

Г) По форме профиля зубьев.

1. Эвольвентные
2. Циклоидальные
3. Круговые

Д) По окружной скорости.

1. тихоходная ($v < 3 \text{ м/с}$)
2. среднескоростные (3-15)
3. скоростные (15-40)
4. быстроходные ($v > 40 \text{ м/с}$)

Е) По конструктивному признаку

1. открытые
2. закрытые

Вопросы:

1. Определение зубчатой передачи и её достоинства и недостатки
2. Классификация по взаимному расположению валов и колес и конструктивному признаку с приведением примеров
3. Классификация по форме профиля, расположению зубьев и окружной скорости с приведением примеров

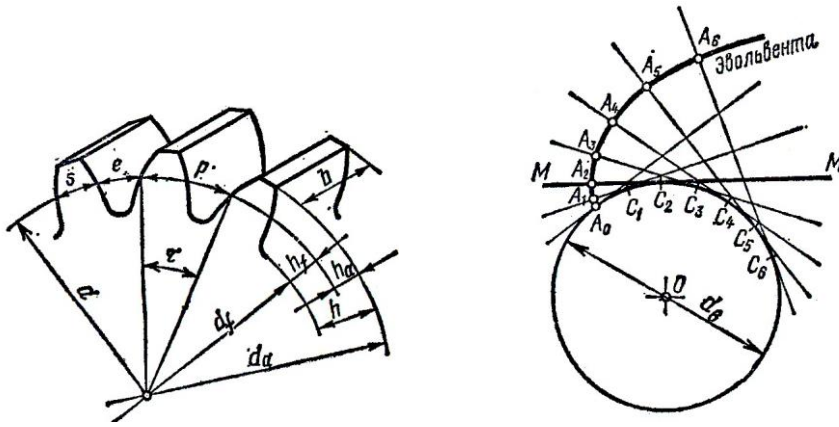
Занятие №41

Эвольвентное зацепление

Эвольвентой называется кривая описываемая точкой А прямой ММ перекатывающееся без скольжения по окружности

ММ- называется производящей прямой

Окружность по которой перекатывается прямая называется - основной



Основные понятия

1. Начальными или делительными окружностями называют окружности которые перекатываются одна по другой (d)
2. Окружность вершин – это окружность ограничивающая высоту зубьев(d_d)
3. Окружность впадин- окружность ограничивающая глубину впадины (d_f)
4. Окружной шаг зубьев - расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной или любой другой окружности (P)
5. Окружная толщина зуба – S
6. Окружная ширина впадины – ϵ
- 7 Окружной модуль зубьев m_t – линейная величина в π раз меньшая шага измеренного по делительной окружности.

$$m_t = \frac{P}{\pi};$$

$$\pi d = P \cdot Z;$$

$$d = \frac{P \cdot Z}{\pi} = m_t \cdot Z;$$

$$m_t = \frac{d}{Z};$$

Модуль(m) – это часть делительного диаметра, приходящаяся на 1 зуб;
Z - количество зубьев

m- назначается по стандарту

8) Высота зуба h – расстояние между окружностями вершин и впадин зубьев цилиндрического зубчатого колеса.

$$h = h_a + h_f \quad h_a - \text{высота головки}$$

h_f - ВЫСОТА ВПАДИНЫ

Вопросы:

1. Нарисовать на доске схему эвольвентного зацепления.
2. Что такое эвольвента и нарисовать схему
3. Назвать основные размеры эвольвентного зацепления
4. Дать определение модулю и высоте зуба

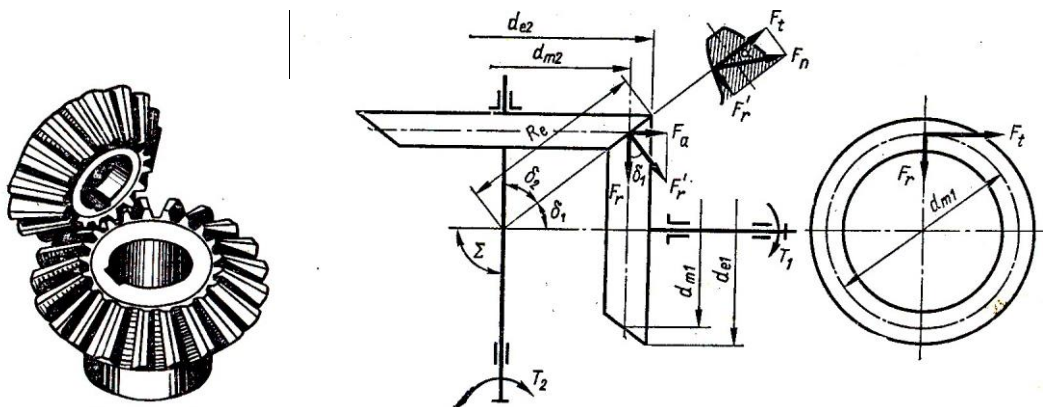
Занятие №42

Конические зубчатые передачи

Применяются в передачах оси валов, которых пересекаются под некоторым углом, обычно $=90^\circ$

Конические колеса бывают с прямыми и круговыми зубьями.

Ось кругового зуба – это дуга окружности соответствующего диаметра резцовой головки.



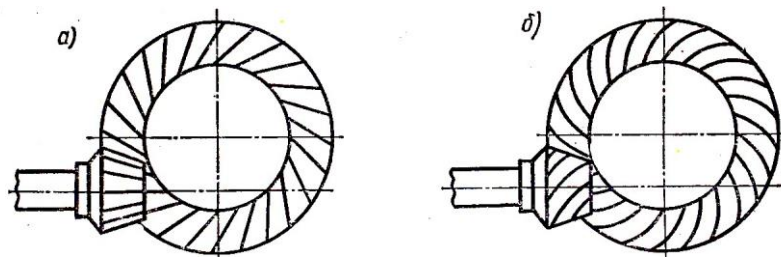
Недостатки:

1. В сравнении с цилиндрическими конические передачи имеют большую массу и габариты
2. Повышенный шум
3. Неравномерную нагрузку на зубья

Геометрические параметры

1. Начальные конусы это две конические поверхности с общей вершиной и образующей, перекатывающиеся одна по другой
2. В – ширина венца, по ширине венца «В» различают два модуля
 - а) средний окружной модуль- на среднем делительном диаметре
 - б) внешний окружной модуль – по которому определяются размеры зубчатого колеса (производственный)

Гипоидная коническая передача



Оси колес гипоидной передачи скрещиваются и зубья могут быть как прямыми так криволинейными

Достоинство:

Валы могут быть выведены за пределы передачи в обоих направлениях

Недостаток:

Повышенное скольжение поверхности зубьев (необходима специальная смазка – гипоидная , противозадирная)

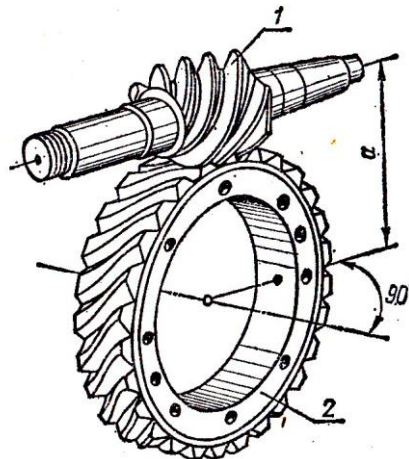
Вопросы:

1. Начертить схемы конической и гипоидной передачи
2. Определение конической передачи , недостатки и достоинства
3. Дать определения геометрическим параметрам передачи

Занятие №43

Червячная передача

Служат для передачи вращательного движения между валами оси которых перекрещиваются под углом 90°



Состоит из вращающегося винта 1- червяка и червячного колеса 2 с зубьями

Достоинство:

1. Плавность и бесшумность работы
2. Возможность получения больших передаточных чисел при небольших габаритах
3. Точность перемещений
4. Возможность обеспечения самоторможения

Недостатки:

1. Низкий КПД
2. Повышенный износ
3. Необходимость применения дорогостоящих материалов

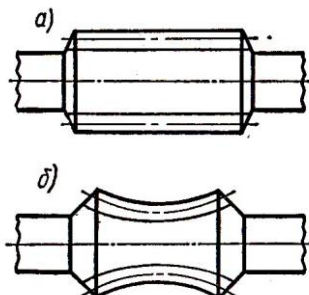
Классификация

1. По расположению червяка

- а) нижнее
- б) верхнее
- в) боковое

2. По форме поверхности червяка

- а) цилиндрический
- б) глобоидный



3 По форме профиля витка

- а) Винтовые- обычный винт с трапецидальной резьбой
- б) Эвольвентный червяк -цилиндрическое колесо с эвольвентной винтовой поверхностью
- в) Конволютный с прямолинейным профилем в нормальном сечении витка, и с удлиненной эвольвентой боковой стороны витка в сечении поперечном оси.

Основные параметры.

1.Геометрические размеры червяка характеризуются шагом червяка

$$P = m Z_1$$

Z_1 - число витков червяка

2.Многовитковые червяки характеризуются ходом линии витка

$$P_h = p Z_1$$

3. Делительный наружный и внутренний диаметр червяка (d_d d_F d_A)

4. Угол профиля витка

5.Высота головки (h_f , h_a)

5. Длина нарезанной части L

Для червячного колеса:

1.Делительный наружный и внутренний диаметру колеса (d_d d_F d_A)

2.Остальные параметры повторяются

Передаточное число определяется из условия, что за один оборот червяка колесо повернется на число зубьев равное числу витков Z_1

Вопросы:

- 1. Схема червячной передачи
- 2. Классификация червячной передачи
- 3. Основные параметры червячной передачи

Занятие №44

Материалы зубчатых передач

Выбираются в зависимости от мощности, требованиям предъявляемым к размерам и массе, окружной скорости и требуемой точности изготовления колес

1.Основные материалы – сталь

Углеродистые обыкновенного качества Ст5;Ст6.

Углеродистые качественных марок 35;40;45;50Г.

Легированные конструкционных марок 35ХГС; 35ХМА.

Для больших диаметров (более 500мм) применяют литые из сталей 35Л, 55Л; 40ХМТЛ;

Для повышении твердости и прочности зубья подвергаются различным видам термообработки.

В зависимости от твердости 2 групп

а) менее 350НВ

б) >350НВ.

2. Чугуны – применяются для тихоходных открытых и ручных передач при окружных скоростях <3м/сек. Марки СЧ15-35, модифицированные чугуны МСП-23-43; высоко прочные чугуны ВЧ-10-165.

3. Цветные металлы – применяются в приборостроении и в червячных передачах Марка Бронза ОФ-10-1; ОМФ; АЖ 9-4

4. Неметаллические материалы – как правило используются в паре с металлическими. Применяется текстолит, древесно - стружечный пластик, капрон

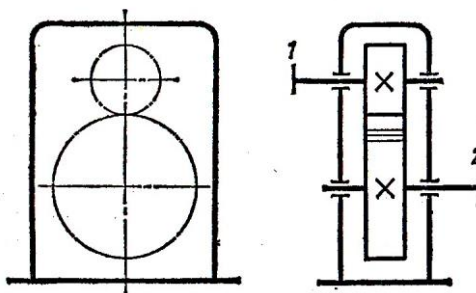
Вопросы:

1. В зависимости от каких требований выбираются материалы зубчатой передачи и от чего они зависят.

2. Почему для некоторых материалов не применяются стали

Занятие №45

Порядок расчета одноступенчатого редуктора



Дано:

N - мощность на тихоходном валу.

n – угловая скорость на выходном валу

Порядок расчета:

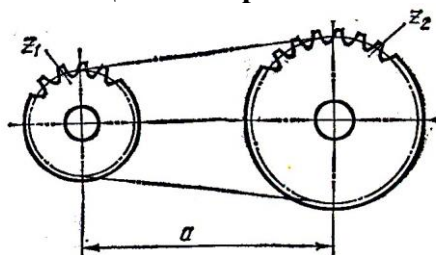
1. Подбор двигателя
2. Выбор материала
3. Проверка а изгиб, износ, и долговечность (расчетные напряжения сравниваются с допустимыми)
4. Определение параметров передачи
 - а) межосевое расстояние
 - б) модуль
 - в) ширина колеса
 - г) число зубьев
 - д) диаметры колес
5. Определение фактического передаточного отношения

6. Определение окружной скорости и момента силы
7. Проверка прочности зубьев на контактное напряжение и напряжение изгиба
8. Ориентировочный расчет валов
(учитывается диаметр колес, размеры корпуса и сборка.)
9. Проектируются конструктивные размеры колес, корпус и крышка корпуса редуктора
10. Проектируются конструктивные размеры валов(шпонки, посадочные размеры подшипников, компоновка корпуса)
11. Подбор подшипников
12. Расчет подшипников на долговечность
13. Подбор и расчет муфт
14. Смазка зубчатых колес и подшипников
15. Вычерчивание общего вида

Вопросы:

1. Как подбирается двигатель?
2. Из каких условий выбираются материалы?
3. Зачем два раза проверять на долговечность и прочность?
4. Почему перепроверяется передаточное отношение.?
5. Зачем муфты?

Занятие №46 Цепная передача.



Цепная передача основана на зацеплении тягового органа выполненного в виде бесконечной замкнутой цепи со звездочками, представляющими собой колеса с зубьями. специального профиля

Цепная передача применяется когда необходимо передать вращательное движение без проскальзывания между валами на значительном расстоянии (до 1 м.).

Достоинства:

- 1) Возможностью передачи мощности на большом расстоянии ,
- 2) Передача больших мощностей,
- 3) Малая нагрузка на валы,
- 4) Компактность (несколько звездочек)

Недостаток:

1. Быстрый износ шарниров и как следствие удлинение цепи и требование натяжных устройств.
- 2) Необходимость тщательного монтажа и ухода.
- 3) Неравномерность хода.
- 4) Повышенный шум.

Основные характеристики.

1. Мощность $\frac{FV}{102}$;

2. Скорость цепи- $V = \frac{nz\omega}{60 \times 1000}$

3. z - Число зубьев звездочек,
4. t -Шаг цепи
5. n - Частота вращения звездочки.
- 6.. Передаточное отношение- $I=n_1/n_2=\frac{z_2}{z_1}$
7. КПД $\approx 0,96=0,98$

Примечание:

1. Минимальное число зубьев звездочек_ ограничивается в связи с износом шарниров динамическими нагрузками и шумом. Ограничивается в зависимости от передаточного отношения (для тихоходных $Z_{\min}=7$; для быстроходных $Z_{\min}=15$)

2. Минимальное межосевое расстояние

$$A = \frac{da_1 - da_2}{2} + (30 + 40).$$

da_1, da_2 - диаметр вершин зубьев звездочки.

8. $A=(30-50)t$ - оптимальное межосевое расстояние передачи из условия долговечности цепи

$$8. Z = \frac{2A}{t} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{t}{A} \times \left(\frac{z_1 - z_2}{2\pi} \right)^2 ; Z-$$
 число звеньев цепи.

10. Длина цепи $L=Z \times t$.

Вопросы:

1. Дать определение и начертить схему цепной передачи
2. Перечислить достоинства и недостатки передачи
3. Написать на доске формулы основных характеристик
4. расшифровать написанные на доске формулы

Занятие №47

Направляющие вращательного движения

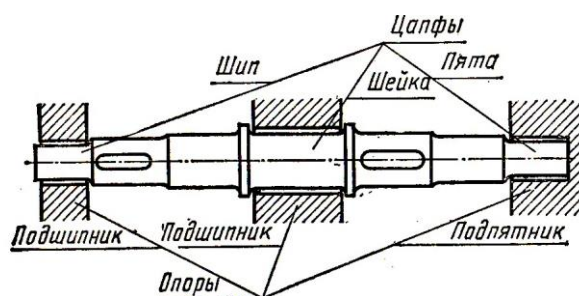
Вал – вращающаяся деталь машины, предназначенная для поддержания на ней зубчатых колес, звездочек, шкивов и т.п. и для передачи вращающего момента

Ось – деталь машины, предназначенная только для поддержания установленных на ней деталей

Классификация

1. По геометрической форме.
 - а) прямые
 - б) коленчатые
 - в) гибкие
2. По конструкции
 - а) гладкие
 - б) ступенчатые
 - в) фасонные
3. По типу сечения
 - а) сплошные
 - б) полые

Элементы конструкции



Цапфы- опорные поверхности осей и валов лежащие в подшипниках или опорах.

Шип- концевая цапфа.

Шейка - промежуточная опора

Пята- концевая часть вала, предназначенная для передачи осевой нагрузки неподвижной опоре

Материалы

1. Для неподвергающихся термообработке Ст5, Ст6.
2. Для термически обработанных среднеуглеродистые и легированные Ст.45, 40 X.
3. Для высоко нагруженных валов, ответственных машин- легированные стали 40ХН, 30ХГТ, 30ХГСА.
4. Быстроходные валы, вращающиеся в подшипниках скольжения изготовляем из цементируемых сталей 20Х, 12ХНЗА, 18ХГ.

Опоры осей и валов.

Опорами валов и вращающихся осей служат подшипники и подпятники. Подшипники воспринимают радиальные и осевая нагрузки и передают их на корпус или раму машины. Подпятники воспринимают осевые нагрузки, преимущественно вертикальные.

По виду трения разделяются:

1. подшипники скольжения.
2. подшипники качения.

Вопросы:

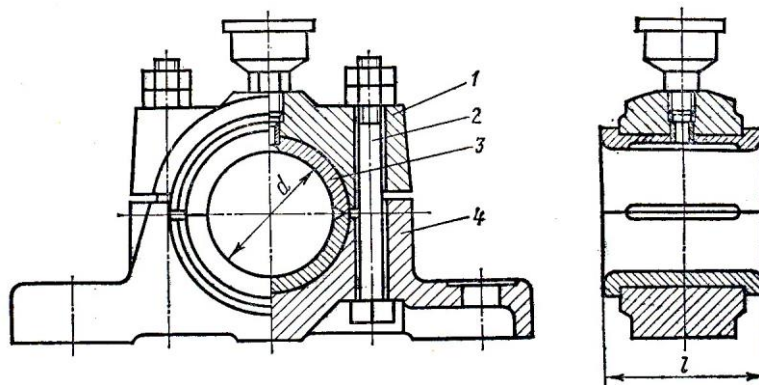
1. Начертить схему вала
2. Определение валов и осей и их классификация
3. Основные элементы конструкции
4. Материалы применяемые для валов и осей
5. Определение опор и их классификация

Занятие №48

Подшипники скольжения.

В подшипниках скольжения поверхность цапфы вала скользит по поверхности подшипника

Основные элементы это- корпус и вкладыш (втулка) по конструкции весьма разнообразны



Достоинства:

- 1) Сохраняют работоспособность при очень высоких угловых скоростях валов.
- 2) Смягчают толчки, удары и вибрации вследствие демпфирующего действия масляного слоя.
- 3) Обеспечивают установку валов с высокой точностью.
- 4) Дают возможность изготавливать разъемные конструкции.
- 5) Имеют минимальные размеры. (радиальные)
- 6) Допускают работу с загрязненной смазкой.
- 7) Обеспечивают бесшумность работы.

Недостатки:

- 1) Сравнительно большие потери на трение и, особенно при пуске.
- 2) Необходимость постоянного ухода вследствие высоких требований к смазке и опасности перегрева.
- 3) Большой расход смазки.

Классификация подшипников скольжения.

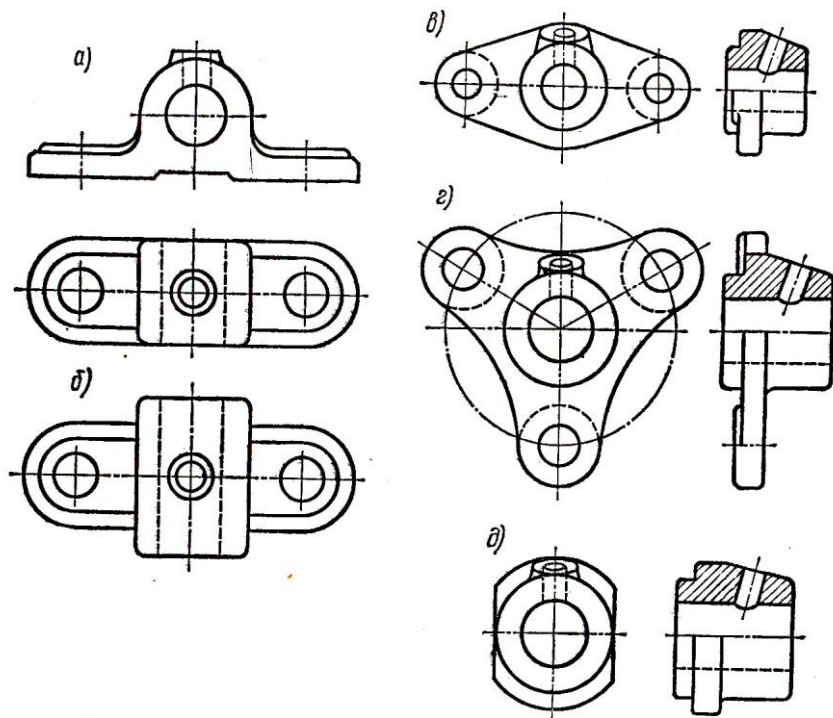
1. В зависимости от направлений воспринимаемой нагрузки различают:

- А) Радиальные - служащие для восприятия радиальных нагрузок.
- Б) Упорные (подпятники)- воспринимающие осевые нагрузки.
- В) Радиально- упорные предназначенные для восприятия одновременно радиальных и осевых нагрузок.

2. По конструкции разделяются:

- А) Целые
- Б) Разъемные
- В) Подшипники с самоустанавливающимися вкладышами.

Различные конструкции корпусов



3. По типу вкладышей разделяются:

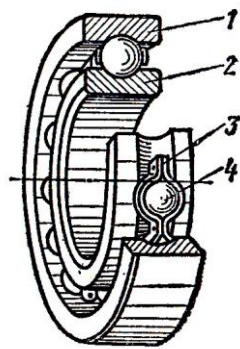
- а) неразъемные вкладыши
- б) с одним буртиком
- в) с двумя буртиками

Материалы для изготовления втулок и вкладышей:

1. Антифрикционные чугуны пониженной твердости
2. Цветные металлы (бронзы, баббиты, латуни и алюминиевые сплавы)
3. Металлокерамические материалы изготовленные из порошков железа, бронзы с добавлением графита путем прессования под высоким давлением и последующего спекания
- 4.. Неметаллические материалы – текстолит, древесно-слоистые пластики

Вопросы:

1. Начертить на доске упрощенную схему подшипника скольжения
2. Начертить разновидности втулок
3. Дать определение и перечислить достоинства и недостатки
4. Классификация подшипников скольжения
5. Материалы для втулок и вкладышей



Это готовый узел, который состоит:

1. Наружного кольца.
2. Внутреннего кольца с дорожками качения
3. Сепаратора - разделяющего и направляющего тела качения
4. Тела качения (шарики, ролики и т.д)

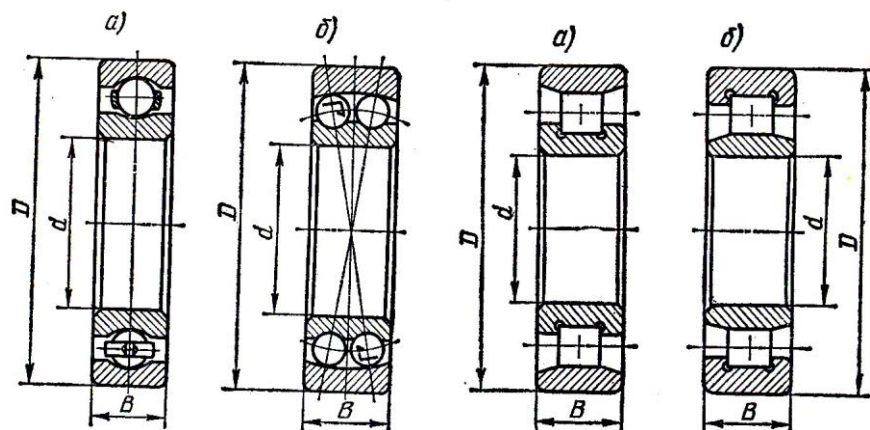
Достоинства:

1. Малые потери на трение
2. Высокий КПД и незначительный нагрев
3. Малые габаритные размеры в осевом направлении
4. Невысокая стоимость (массовое производство)
5. Высокая надежность и нагрузочная способность
6. Взаимозаменяемость
7. Простота эксплуатации.

Недостатки:

1. Пониженная долговечность при ударных нагрузках
2. Ограниченная быстроходность из-за чрезмерного нагрева и опасности разрушения сепараторов
3. Ненадежность при работе в агрессивных средах
4. Большие радиальные размеры
5. Неразъемность конструкции
6. Шум при больших оборотах.

Классификация.



1. По направлению действия воспринимаемой нагрузки:

- а) радиальные
- б) упорные
- в) радиально-упорные
- г) упорно- радиальные

2. По форме тел качения:

- а) шариковые
- б) роликовые

3. По числу рядов

- а) однорядные
- б) двухрядные
- в) четырехрядные
- г) многорядные

4. По способности устанавливаться

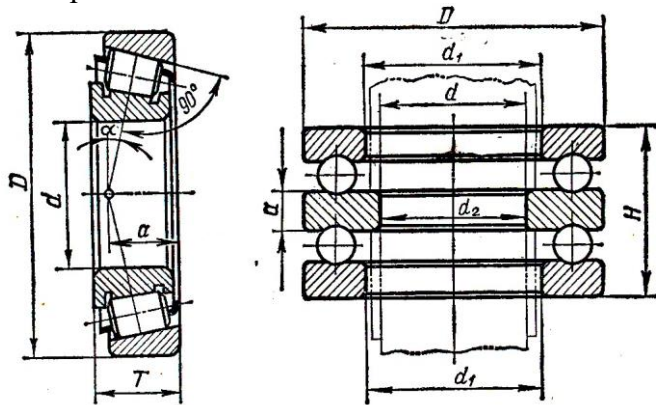
- а) самоустанавливающиеся
- б) несамоустанавливающиеся

5. В зависимости от нагрузочной способности

- а) сверхлегкие
- б) особо легкие
- в) легкие
- г) средние
- д) тяжелые

6. По ширине

- а) особо узкие
- б) узкие
- в) нормальные
- г) широкие
- д) особо широкие.



Вопросы:

1. Начертить схемы различных типов подшипников
2. Рассказать о предназначении подшипников качения показать основные узлы
3. Перечислить достоинства и недостатки
4. Дать классификацию подшипников качения

Занятие №50

Муфты.

Муфта – это устройство предназначенное для соединения валов и передачи вращающего момента без изменения направления, .

Муфты выполняют ряд функций:

- 1) Компенсация смещения осей соединяемых валов.
- 2) Смягчение толчков и ударов.
- 3) Демпфирование- поглощение энергии колебаний и превращение ее в тепло.
- 4) Предохранение от воздействия перегрузок
- 5) Облегчение пуска машины
- 6) Сцепление и расцепление соединяемых деталей.

7) Ограничение скорости

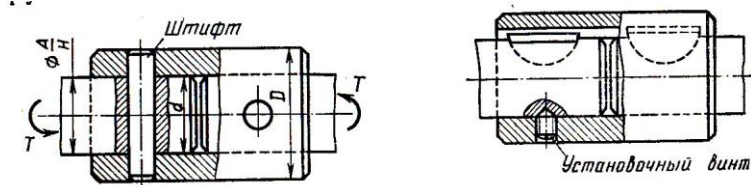
Классификация.

- 1) *Нерасцепляемые* - не допускают разъединения деталей в процессе работы машины.
- 2) *Управляемые* - позволяют сцеплять и расцеплять валы на ходу, так и во время остановки.
- 3) *Самодействующие* - автоматически срабатывают при изменении режима работы машины.
- 4) *Другие* - т. е. специальные, комбинированные и т. д.

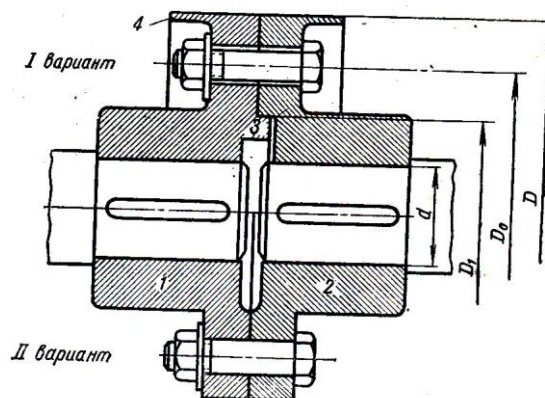
Примечание: По принципу сцепления муфты разделяются на механические, гидравлические, электромагнитные.

Конструкция муфт.

1. *Нерасцепляемые жесткие* (глухие муфты для неподвижного соединения соосных валов)
а) втулочные



2) *Муфта фланцевая.*

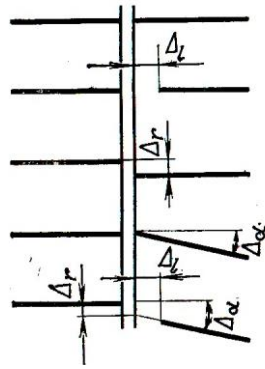


3. *Компенсирующие муфты* -

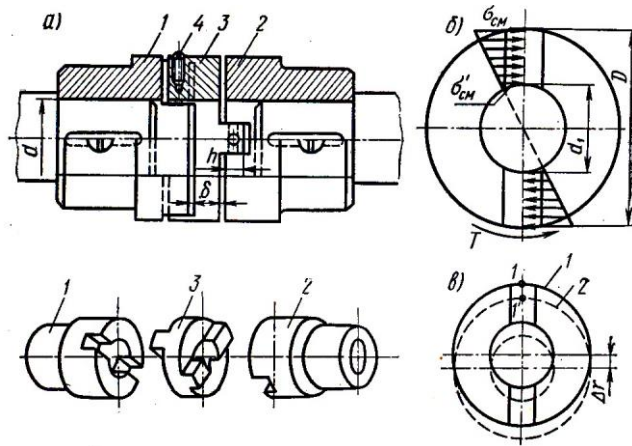
применяются для устранения неточности взаимного расположения валов.

3 вида отклонений:

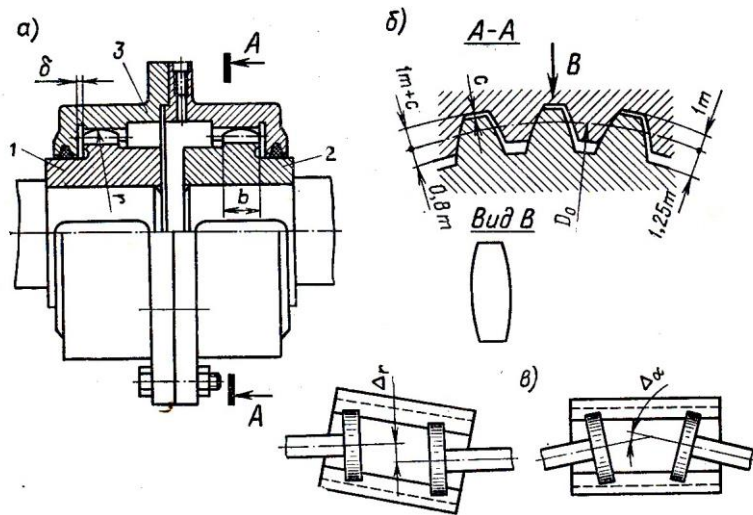
- 1) Продольное смещение
- 2) Радиальное смещение
- 3) Угловое смещение



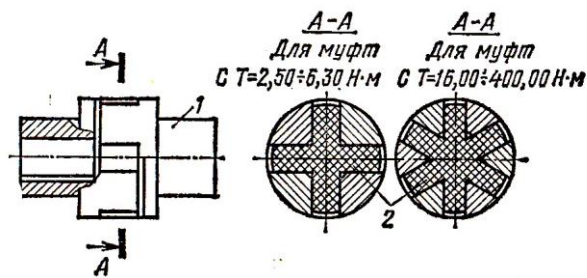
4. Кулачковая



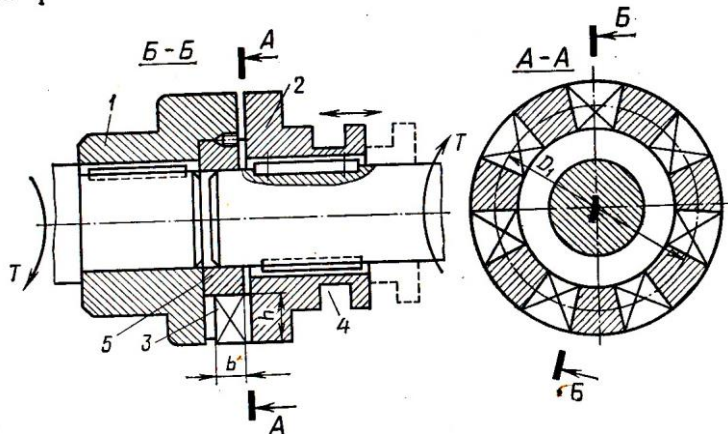
5. Зубчатая



5. Упругие муфты

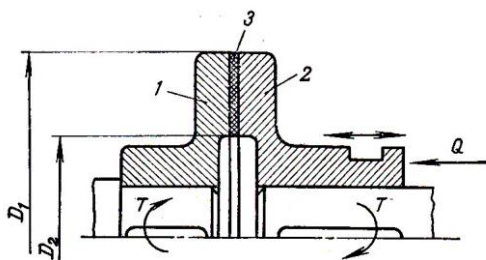


7. Управляемая сцепная, кулачковая



1)

8. Самодействующая муфта фрикционная отрегулированная на передачу определенного момента



8. Другие- центробежные, обгонные, со срезным штифтом

Вопросы

1. Начертить схему втулочной и фланцевой муфты
2. Дать определение и перечислить функции муфт
3. Дать классификацию муфт
4. Рассказать принцип работы различных типов муфт

Заключение

Учебное пособие по дисциплине «Техническая механика» частично прошло обкатку в группах очного и заочного отделения

. В результате обкатки были откорректированы некоторые вопросы конспекта и тестов.

Проведены практические занятия, частично откорректировано время их проведения.

Проведение работы по группам выявило то что необходимо обеспечить доступ к электронному учебнику в интернете, что даст возможность студентам самостоятельно работать с теоретическим материалом, самостоятельно пройти тестирование и при пропуске занятий получить доступ к материалу который они пропустили.

Кроме этого они смогут подготовиться к практическим работам .

Также обкатка показала что в плане занятий необходимо предусмотреть время для устного опроса и контрольных работ в обычном виде..

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Лукьянов А.М. Техническая механика- М. ФГБОУ «Учебно-методический центр образования на железнодорожном транспорте» 2014 - 711с

Дополнительные источники:

1. Аркуша *А.И.* Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов: Учебник для средних учебных заведений. 6-е изд. М.: Высшая школа, 2005.- 352с
2. Брюховецкая Т.М. Методическое пособие. Техническая механика. Расчет механических передач: М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2006.- 327с
3. Лукьянов А.М. Сопротивление материалов. М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2008.-235с
4. Олофинская В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: Учебное пособие / В.П. Олофинская. 3-е изд., испр. М.: Форум, 2010.-365с

Электронные образовательные ресурсы:

1. Электронный ресурс «Техническая механика». Форма доступа: technical-mechanics.narod.ru