

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Новиков Денис Владимирович  
 Должность: Директор филиала  
 Дата подписания: 11.03.2018  
 Уникальный идентификатор документа:  
 3357c68c48ac4f695c95789ac7a9678a502ba660

## Лабораторная работа № 1 «Структурное исследование механизма»

### Структурное исследование механизма

1. Изобразить схему механизма без соблюдения масштаба (Варианты схем в Таблице 3)

- Пронумеровать звенья арабскими цифрами, а кинематические пары римскими.
- Произвести анализ звеньев (см. Таблицу 1): указать название звена, схематичное изображение, абсолютное движение – движение относительно стойки, в какие кинематические пары входит.
- Произвести анализ кинематических пар (см. таблицу 2): указать какими звеньями она образована, какое относительное движение звеньев допускает, класс пары, является она высшей или низшей, вид пары. После таблицы 2 сделать вывод, в котором указать количество пар первого и второго класса, общее число пар.
- Оценить степень сложности и замкнутости кинематической цепи. Определить число степеней подвижности для плоского механизма по формуле Чебышева.
- Сформулировать общий вывод структурного исследования механизма.

Анализ звеньев

Таблица 1

№ п/п	Схема звена	Название звена	Абсолютное движение	Особенности	В какие КП входит звено
1					
2					
...					

Анализ кинематических пар

Таблица 2

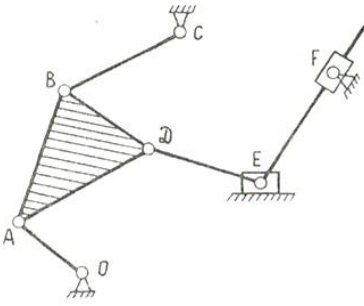
№ п/п	Схема КП	Звенья, образующие пару	Относительное движение	Класс пары, вид пары	Высшая или низшая пара
I					
II					
...					

### Варианты схем механизмов

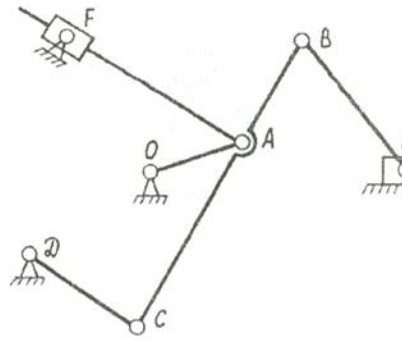
Таблица 3

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6

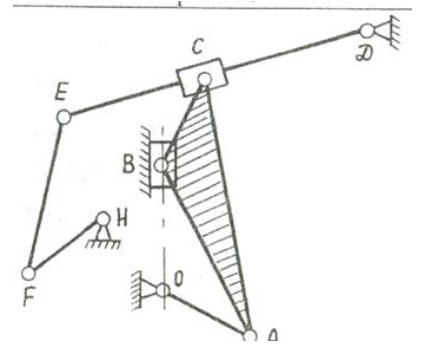
Вариант 7



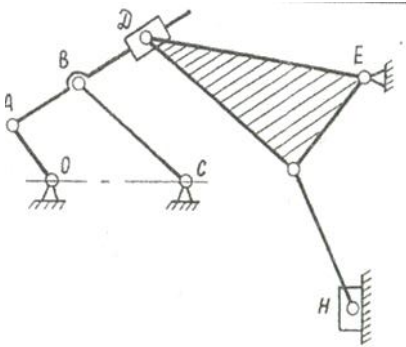
Вариант 8



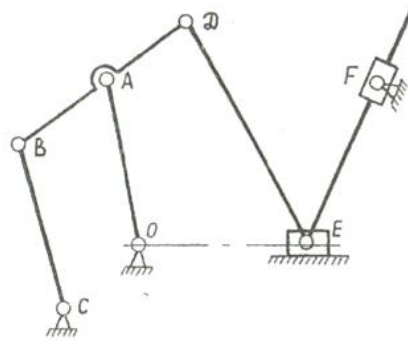
Вариант 9



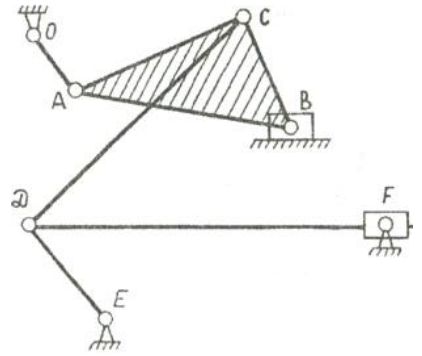
Вариант 10



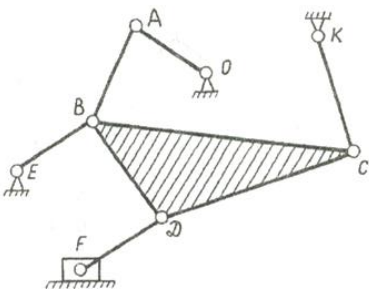
Вариант 11



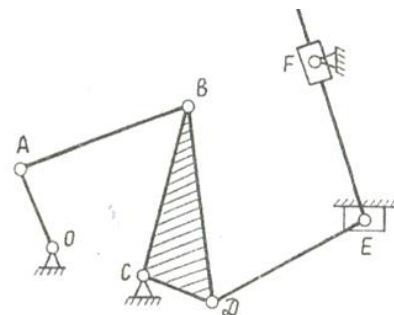
Вариант 12



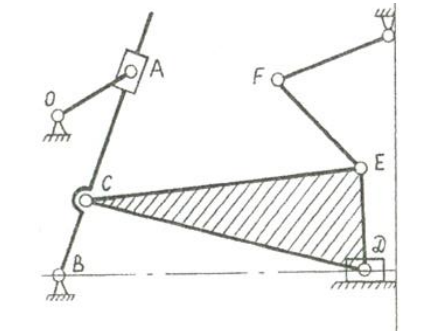
Вариант 13



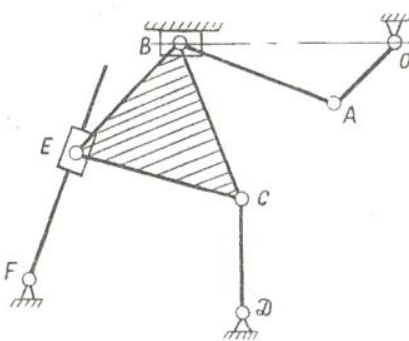
Вариант 14



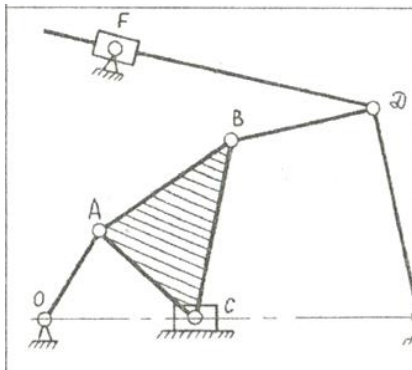
Вариант 15



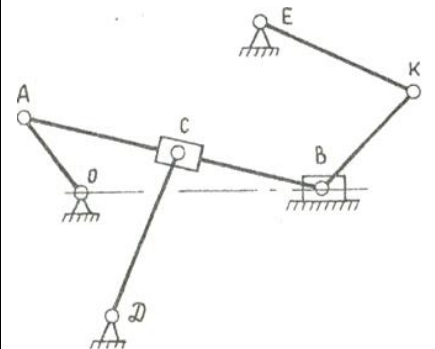
Вариант 16



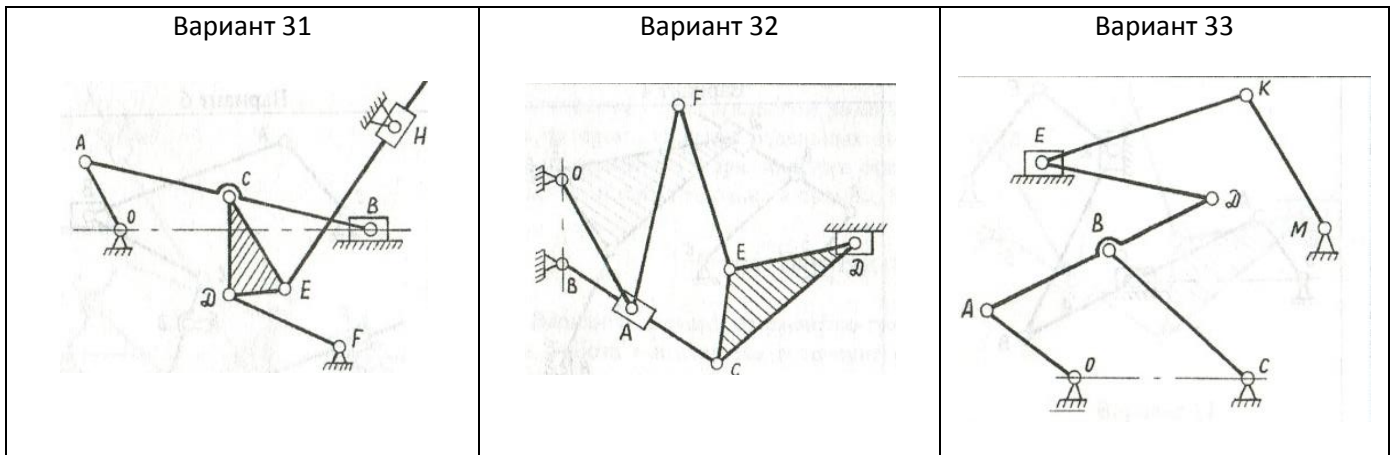
Вариант 17



Вариант 18







## Расчетно-графическая работа № 2

### "Построение плана положений плоского механизма (Метрический синтез)"

План положений механизма – это графическое изображение взаимного расположения звеньев механизма за рассматриваемый промежуток времени, выполненное в определенном масштабном коэффициенте.

Для выполнения работы потребуются инструменты (карандаш, циркуль, линейка, транспортир, ластик) и миллиметровая бумага А4 или А3.

#### Порядок выполнения РГР:

1. Изобразить схему механизма без масштаба и размеров в лабораторной тетради, записать исходные данные

- длины звеньев:  $l_{OA}$ ,  $l_{AB}$ ,  $l_{BD}$  и др.,

- дополнительные расстояния между точками: a, b, c и т.д.

2. Выбрать масштабный коэффициент длин.

Масштабный коэффициент длин – это отношение какой-либо действительной величины  $l$ , взятой в метрах, к длине отрезка  $l$ , измеряемого в миллиметрах и изображающего эту величину в составе кинематической схемы.

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{|OA|} \text{ м/мм,}$$

где  $l_{OA}$  – действительная длина кривошипа, м;

$|OA|$  – произвольно выбранная длина кривошипа на чертеже, мм.

Например,  $l_{OA} = 0,2 \text{ м}$ ,  $|OA| = 40 \text{ мм}$ ,  $\mu_l = \frac{l_{OA}}{|OA|} = \frac{0,2 \text{ м}}{40 \text{ мм}} = 0,005 \text{ м/мм}$

Далее переводим длины оставшихся звеньев в мм через масштабный коэффициент длин, используя формулу:

$$|l_i| = \frac{l_i}{\mu_l}; \text{ где } i \text{ – обозначение звена, для которого вычисляется длина на кинематической схеме.}$$

Результаты заносим в таблицу.

Таблица – Приведённые размеры механизма в мм

$ OA $	$ AB $	$ BC $	...	$ a $	$ b $	...
40	...	...	...	...	...	...

3. Построение плана положения начинают с изображения элементов стойки, т.е. шарнирно-неподвижных опор и направляющих, определяя тем самым габариты механизма в масштабе.

4. Разбив окружность радиуса  $|OA|$  на 6 частей, последовательно изображают ведущее звено (кривошип) в шести положениях.

5. К ведущему звену в каждом его положении присоединяют (вычерчивают) первую структурную группу. Положение подвижных характерных точек определяют циркулем с помощью метода засечек.

6. После вычерчивания всех положений первой структурной группы также последовательно присоединяют все остальные.

7. Оформляют готовый план положений (заголовок работы, масштаб, исходные данные, на плане показывают все подвижные точки  $A_1-A_6$ ,  $B_1-B_6$  и т.д)

### Расчетно-графическая работа № 3 "Построение плана скоростей одного положения механизма графоаналитическим методом"

Порядок выполнения РГР.

1. Формируем исходные данные

-длины звеньев:  $l_{OA}$ ,  $l_{AB}$ ,  $l_{BD}$  и др.

-угловая скорость ведущего звена (кривошипа)  $\omega_1 = \frac{n_1 \cdot \pi}{30} \text{ рад/с}$

2. Определяем скорость ведущего звена. Скорость точки А кривошипа определим по формуле:

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} \text{ м/с} \quad (1)$$

3. Выбираем масштаб скоростей.

$$\mu_V = \frac{V_A}{p_{Va}} \text{ м/(с} \cdot \text{мм)} \quad (2)$$

Необходимо стремиться к тому, чтобы отрезок  $p_{Va}$ , изображающий на плане скоростей вектор скорости точки В, был не менее 50 мм. Например:

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 5.45 \text{ м/с}, \quad \mu_V = \frac{V_A}{p_{Va}} = \frac{5.45 \text{ м/с}}{54.5 \text{ мм}} = 0.1 \text{ м/(с} \cdot \text{мм)}$$

Вектор скорости точки А представляет собой геометрическую сумму вектора скорости точки О и скорости относительного вращательного движения точки А вокруг точки О:

$$\vec{V}_A = \vec{V}_O + \vec{V}_{AO}. \quad (3)$$

Скорость точки  $\vec{V}_O$  равна нулю. Скорость  $\vec{V}_{AO}$  перпендикулярна звену  $OA$  и направлена в сторону вращения этого звена. Откладываем отрезок  $p_{Va}$  (мм) на плане скоростей от выбранного неподвижного полюса.

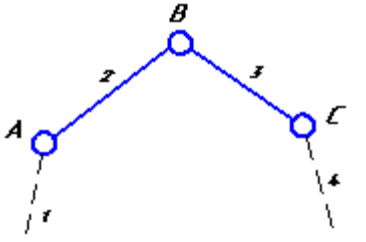
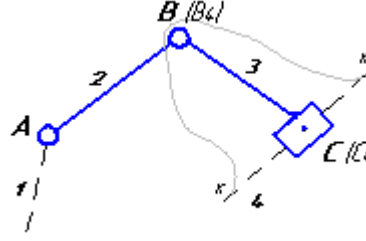
4. Далее строятся скорости точек в последовательности присоединения структурных групп. При этом записываются и графически решаются уравнения определения скорости точек для определенного вида структурной группы из Таблицы 1. Например, для группы вида 1 (ВВВ)

$$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}, & \vec{V}_{BA} \perp BA, & V_{BA} = \omega_{AB} \cdot l_{AB} \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC}, & \vec{V}_{BC} \perp BC, & V_{BC} = \omega_{BC} \cdot l_{BC} \end{cases} \quad (4)$$

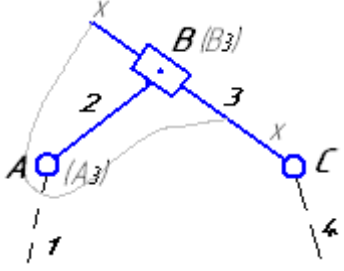
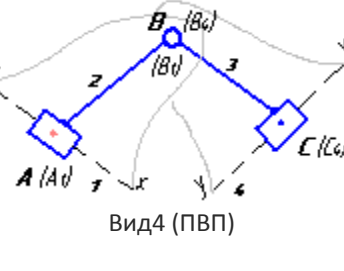
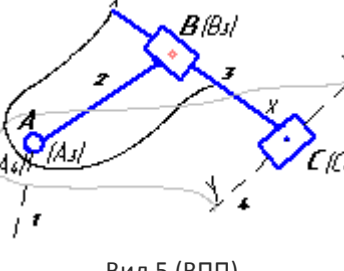
Скорость  $\vec{V}_A$  нам известна, вектор скорости  $\vec{V}_{BA}$  направлен перпендикулярно звену  $AB$ , а вектор скорости  $\vec{V}_B$  направлен перпендикулярно звену  $BC$ . Поэтому в уравнении (4) 2 неизвестных с известными направлениями. Решаем уравнение графически. Из точки  $a$  проводим прямую, перпендикулярно звену  $AB$ , а из полюса  $p_V$  проводим прямую перпендикулярно звену  $BC$ . Точка пересечения этих прямых даст точку  $b$ .

Далее переходим к следующей структурной группе и п.4 повторяем снова, пока скорости всех точек механизма не будут построены.

Таблица 1 – Кинематический анализ групп Ассур II класса методом планов

Структурные группы 2 класса 2 порядка (вид, название)	Уравнения для построения планов скоростей и для определения угловых скоростей	Уравнения для построения планов ускорений и для определения угловых ускорений
 <p>Вид 1 (BBB)</p>	$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA} & \vec{V}_{BA} \perp AB \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC} & \vec{V}_{BC} \perp BC \end{cases}$ $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{AB}; \quad \omega_3 = \frac{V_{BC}}{BC}$	$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t; & \vec{a}_{BA}^t \perp AB \\ \vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^t; & \vec{a}_{BC}^t \perp BC \end{cases}$ $a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot AB; \quad a_{BC}^n = \omega_3^2 \cdot BC$ $\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{AB}; \quad \varepsilon_3 = \frac{a_{BC}^t}{BC}$
 <p>Вид 2 (BBП)</p>	$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}; & \vec{V}_{BA} \perp AB \\ \vec{V}_B = \vec{V}_{B_4} + \vec{V}_{BB_4}; \end{cases}$ $\vec{V}_C = \vec{V}_{C_4} + \vec{V}_{CC_4}; \quad \vec{V}_{CC_4} = \vec{V}_{BB_4}$ $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{AB}; \quad \omega_3 = \omega_4$	$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t; & \vec{a}_{BA}^t \perp AB \\ \vec{a}_B = \vec{a}_{B_4} + \vec{a}_{BB_4}^k + \vec{a}_{BB_4}^r; \end{cases}$ $a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot AB; \quad a_{BB_4}^k = 2 \omega_4 \cdot V_{BB_4}$ $\vec{a}_C = \vec{a}_{C_4} + \vec{a}_{CC_4}^k + \vec{a}_{CC_4}^r$ $\vec{a}_{CC_4}^k = \vec{a}_{BB_4}^k; \quad \vec{a}_{CC_4}^r = \vec{a}_{BB_4}^r$ $\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{AB}; \quad \varepsilon_3 = \varepsilon_4$



 <p>Вид 3 (ВПВ)</p>	$\begin{cases} \vec{V}_{A_3} = \vec{V}_A + \vec{V}_{A_3A}; & \vec{V}_{A_3A} \parallel xx \\ \vec{V}_{A_3} = \vec{V}_C + \vec{V}_{A_3C}; & \vec{V}_{A_3C} \perp AC \end{cases}$ $\vec{V}_B = \vec{V}_{B_3} + \vec{V}_{BB_3}; \quad \vec{V}_{BB_3} = \vec{V}_{AA_3}$ $\omega_2 = \omega_3 = \frac{V_{A_3C}}{AC}; \quad \vec{V}_{AA_3} = -\vec{V}_{A_3A}$	$\begin{cases} \vec{a}_{A_3} = \vec{a}_A + \vec{a}_{A_3A}^k + \vec{a}_{A_3A}^r; & \vec{a}_{A_3A}^r \parallel xx \\ \vec{a}_{A_3} = \vec{a}_C + \vec{a}_{A_3C}^n + \vec{a}_{A_3C}^r; & \vec{a}_{A_3C}^r \perp AC \end{cases}$ $a_{A_3A}^k = 2 \cdot \omega_3 \cdot V_{A_3A}; \quad a_{BB_3}^n = \omega_3^2 \cdot AB$ $\vec{a}_B = \vec{a}_{B_3} + \vec{a}_{BB_3}^k + \vec{a}_{BB_3}^r$ $\vec{a}_{BB_3}^k = \vec{a}_{AA_3}^k = -\vec{a}_{A_3A}^k$ $\vec{a}_{BB_3}^r = \vec{a}_{AA_3}^r = -\vec{a}_{A_3A}^r; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \frac{a_{A_3C}^n}{AC}$
 <p>Вид 4 (ПВП)</p>	$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_{B_1} + \vec{V}_{BB_1}; & \vec{V}_{BB_1} \parallel xx \\ \vec{V}_B = \vec{V}_{B_4} + \vec{V}_{BB_4}; & \vec{V}_{BB_4} \parallel yy \end{cases}$ $\vec{V}_A = \vec{V}_{A_1} + \vec{V}_{AA_1}; \quad \vec{V}_{AA_1} = \vec{V}_{BB_1}$ $\vec{V}_C = \vec{V}_{C_4} + \vec{V}_{CC_4}; \quad \vec{V}_{CC_4} = \vec{V}_{BB_4}$ $\omega_2 = \omega_1; \quad \omega_3 = \omega_4$	$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_{B_1} + \vec{a}_{BB_1}^k + \vec{a}_{BB_1}^r; & \vec{a}_{BB_1}^r \parallel xx \\ \vec{a}_B = \vec{a}_{B_4} + \vec{a}_{BB_4}^k + \vec{a}_{BB_4}^r; & \vec{a}_{BB_4}^r \parallel yy \end{cases}$ $a_{BB_1}^k = 2\omega_1 \cdot V_{BB_1}; \quad a_{BB_4}^k = 2\omega_4 \cdot V_{BB_4}$ $\vec{a}_A = \vec{a}_{A_1} + \vec{a}_{AA_1}^k + \vec{a}_{AA_1}^r; \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_1$ $\vec{a}_{AA_1}^k = \vec{a}_{BB_1}^k; \quad \vec{a}_{AA_1}^r = \vec{a}_{BB_1}^r$ $\vec{a}_C = \vec{a}_{C_4} + \vec{a}_{CC_4}^k + \vec{a}_{CC_4}^r; \quad \varepsilon_3 = \varepsilon_4$ $\vec{a}_{CC_4}^k = \vec{a}_{BB_4}^k; \quad \vec{a}_{CC_4}^r = \vec{a}_{BB_4}^r$
 <p>Вид 5 (ВПП)</p>	$\begin{cases} \vec{V}_{A_3} = \vec{V}_A + \vec{V}_{A_3A}; & \vec{V}_{A_3A} \parallel xx \\ \vec{V}_{A_3} = \vec{V}_{A_4} + \vec{V}_{A_3A_4}; & \vec{V}_{A_3A_4} \parallel yy \end{cases}$ $\vec{V}_B = \vec{V}_{B_3} + \vec{V}_{BB_3}; \quad \vec{V}_{BB_3} = \vec{V}_{AA_3}$ $\vec{V}_C = \vec{V}_{C_4} + \vec{V}_{CC_4}; \quad \vec{V}_{CC_4} = \vec{V}_{A_3A_4}$ $\omega_2 = \omega_3 = \omega_4$	$\begin{cases} \vec{a}_{A_3} = \vec{a}_A + \vec{a}_{A_3A}^k + \vec{a}_{A_3A}^r; & \vec{a}_{A_3A}^r \parallel xx \\ \vec{a}_{A_3} = \vec{a}_{A_4} + \vec{a}_{A_3A_4}^k + \vec{a}_{A_3A_4}^r; & \vec{a}_{A_3A_4}^r \parallel yy \end{cases}$ $a_{A_3A}^k = 2 \cdot \omega_3 \cdot V_{A_3A}; \quad \vec{a}_{CC_4}^k = \vec{a}_{A_3A_4}^k$ $a_{A_3A_4}^k = 2 \cdot \omega_4 \cdot V_{A_3A_4}; \quad \vec{a}_{CC_4}^r = \vec{a}_{A_3A_4}^r$ $\vec{a}_C = \vec{a}_{C_4} + \vec{a}_{CC_4}^k + \vec{a}_{CC_4}^r$ $\vec{a}_B = \vec{a}_{B_3} + \vec{a}_{BB_3}^k + \vec{a}_{BB_3}^r$ $\vec{a}_{BB_3}^k = \vec{a}_{AA_3}^k = -\vec{a}_{A_3A}^k$ $\vec{a}_{BB_3}^r = \vec{a}_{AA_3}^r = -\vec{a}_{A_3A}^r$ $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4$

4.1 Для промежуточных точек структурных групп применяют метод подобия, т. к. план скоростей подобен плану механизма, то есть

$$\frac{l_{CD}}{l_{CB}} = \frac{|pvd|}{|pvb|} \quad (5)$$

из этого подобия откладываем отрезок  $pvd/$

5. Определяем истинные величины абсолютных и относительных скоростей точек, а также угловые скорости звеньев, снимая размеры длин соответствующих скоростей с плана скоростей в мм.

Например,  $V_A = \overline{pa} \cdot \mu_V$  м/с,  $V_B = \overline{pb} \cdot \mu_V$  м/с,

$V_{AB} = \overline{ab} \cdot \mu_V$  м/с,  $\omega_{AB} = \frac{V_{BA}}{l_{AB}}$  с<sup>-1</sup> (против часовой стрелки).

Заносим данные в таблицу 2

Таблица 2

Обозначение на плане	Размер на плане скоростей, мм	Наименование скорости	Величина скорости, м/с
$pva$	...	$V_A$	...
$ab$	...	$V_{BA}$	...
$pvb$	...	$V_B$	...
...			
угловая скорость звена	Величина скорости, с <sup>-1</sup>	Направление дуговой стрелки	
$\omega_2$	$\frac{V_{BA}}{l_{AB}} =$	против часовой стрелки	
$\omega_3$	$\frac{V_{BC}}{l_{BC}} =$	по часовой стрелки	
$\omega_4$	...	...	

6. Оформляем отчет

### Расчетно-графическая работа № 4 "Построение плана ускорений одного положения механизма графоаналитическим методом"

Порядок построения плана ускорений аналогичен плану скоростей. То есть, построив план ускорений ведущего звена, строим последовательно план ускорений для всех структурных групп Ассур, входящих в состав механизма.

Порядок выполнения РГР.

1. Формируем исходные данные

-длины звеньев:  $l_{OA}$ ,  $l_{AB}$ ,  $l_{BD}$  и др.

-угловая скорость ведущего звена (кривошипа)  $\omega_1 = \frac{n_1 \cdot \pi}{30}$  рад/с



2. Вектор ускорения точки  $A$  представляет собой геометрическую сумму вектора ускорения точки  $O$  и скорости относительного вращательного движения точки  $A$  вокруг точки  $O$ :

$$\vec{a}_A = \vec{a}_O + \vec{a}_{AO} = \vec{a}_O + \vec{a}_{AO}^n + \vec{a}_{AO}^r = \vec{a}_{AO}^n. \quad (1)$$

Ускорения  $\vec{a}_O$  (стойка неподвижна) и  $\vec{a}_{AO}^r$  (кривошип движется с постоянной угловой скоростью) равны нулю. Ускорение  $\vec{a}_{AO}^n$  параллельно звену  $OA$  и направлено к центру вращения этого звена. Откладываем отрезок  $p_a a = \text{мм}$ .

Ускорение точки  $A$  кривошипа определяем по формуле:

$$a_A = a_A^n = (\omega_1)^2 \cdot l_{OA} = \text{м/с}^2. \quad (2)$$

Выбираем отрезок  $p_a b$ , изображающий на плане ускорений ускорение точки  $B$ , и вычисляем масштаб ускорений.

$$\mu_a = \frac{a_A}{p_a a} = \frac{148,26}{148,3} = 1,0 \text{ м/с}^2 \cdot \text{мм}. \quad (3)$$

Ускорение точки  $B$ :

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^r, \\ \vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC} = \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^r, \end{cases} \quad (4)$$

$$a_{BA}^n =$$

$$(\omega_2)^2 \cdot l_{AB};$$

$$a_{BC}^n = (\omega_3)^2 \cdot l_{BC}.$$

Ускорение  $\vec{a}_A$  нам известно, а  $\vec{a}_K$  равно нулю. Вектор ускорения  $\vec{a}_{BA}^n$  направлен параллельно звену  $AB$  от точки  $B$  к точке  $A$ , а вектор ускорения  $\vec{a}_{BA}^r$  направлен перпендикулярно звену  $AB$ . Вектор ускорения  $\vec{a}_{BC}^n$  направлен параллельно звену  $BC$  от точки  $B$  к точке  $C$ , а вектор ускорения  $\vec{a}_{BC}^r$  направлен перпендикулярно звену  $BC$ . Поэтому в уравнении (1.4) 2 неизвестных, для которых мы знаем направление. Решаем его графически. Из точки  $a$  проводим отрезок  $an_2$ , изображающий на плане ускорение  $\vec{a}_{BA}^n$ . Из его конца проводим прямую перпендикулярно звену  $AB$ . Из полюса  $p_a$  проводим отрезок  $p_a n_3$ , изображающий на плане ускорение  $\vec{a}_{BC}^n$ . Из его конца проводим прямую, перпендикулярно звену  $BC$ . Точка пересечения этих прямых даст искомую точку  $b$ . Соединяем её с полюсом  $p_a$ .

3. После повторения п.2 для всех структурных групп замеряем длины полученных отрезков, умножаем их на масштабный коэффициент. Получаем значения абсолютных и относительных ускорений точек механизма. Результаты расчётов заносим в таблицу 3. Зная линейные ускорения определим угловые и также заносим в таблицу 3.

Таблица 3

Обозначение на плане	Размер на плане скоростей, мм	Наименование скорости	Величина скорости, м/с
$p_a a$	...	$a_A$	...
$ab$	...	$a_{BA}$	...
$p_a b$	...	$a_B$	...
...			
угловая скорость звена	Величина скорости, $\text{с}^{-2}$	Направление дуговой стрелки	

$\varepsilon_2$	$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^{\tau}}{l_{AB}} =$	против часовой стрелки
$\varepsilon_3$	$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^{\tau}}{l_{AB}} =$	по часовой стрелки
$\varepsilon_4$	...	...

6. Оформляем отчет

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### «Построение профилей зубьев зубчатых колес методом огибания»

1. Получить прибор, бумажную заготовку и методические указания по выполнению работы
2. Внимательно ознакомиться с описанием прибора (п.1 методических указаний)
3. Подготовить прибор к выполнению работы (п.2.1)
4. Выполнить "нарезание" нулевого колеса (п.2.2)
5. Проверить условие "неподрезания" зубьев:  $Z > Z_{\min}$ . Для этого выполнить расчеты п.2.2 (расчет  $Z$  и  $Z_{\min}$ )
6. Для устранения подреза выполнить расчеты п.2.3 и "нарезать" положительное колесо
7. "Нарезать" отрицательное колесо (п.2.4)
8. Освободить бумажную заготовку с нарезанными зубьями, привести прибор в исходное состояние
9. Нанести на заготовку (предварительно сняв ее с прибора), делительную и основную окружности с помощью инструментов (карандаш, циркуль, линейка)
10. Выполнить расчеты (1)-(9) *Приложения 1*.
11. Для зубьев нулевого, положительного и отрицательного колеса начертить вершины зубьев в соответствии с формулами (7)-(9)
12. Оформить отчет (заполнить приложение 1, бумажный диск с зубьями и всеми требуемыми линиями и окружностями)
13. Защитить работу

## Приложение 1

Прибор № \_\_\_\_\_

Данные прибора:  $m =$  \_\_\_\_\_ мм,  $d =$  \_\_\_\_\_ мм,  $h_a^* = 1$ ,  $\alpha = 20^\circ$ .

Вычисления:

1. Число зубьев нарезаемого колеса:

$$Z = d / m = \text{_____}. \quad (1)$$

2. Число зубьев колеса по условию неподрезания:

$$Z_{\min} = 2h_a^* / \sin^2\alpha = \text{_____}. \quad (2)$$

3. Коэффициент минимально необходимого сдвига:

$$\xi_{\min} = h_a^* (Z_{\min} - Z) / Z_{\min} = \text{_____}. \quad (3)$$

4. Минимальный сдвиг:

$$x_{\min} = (\xi_{\min})m = \text{_____} \text{ мм.} \quad (4)$$

5. Положительный сдвиг:

$$x_1 = \text{_____} \text{ мм.} \quad (5)$$

6. Отрицательный сдвиг:

$$X_2 = -x_1 \text{_____} \text{ мм.} \quad (6)$$

7. Радиусы вершин.

Нулевое колесо:

$$R_a = m(Z/2 + h_a^*) = \text{_____} \text{ мм.} \quad (7)$$

Положительное колесо:

$$R'_a = m(Z/2 + h_a^*) + x_1 = \text{_____} \text{ мм.} \quad (8)$$

Отрицательное колесо:

$$R''_a = m(Z/2 + h_a^*) + x_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм.} \quad (9)$$

Выполнил: студент группы \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Проверил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

по дисциплине Прикладная механика

1. Предмет механики. Основные понятия. Сила. Система сил. Распределенная нагрузка.
2. Классификация механизмов, узлов и деталей. Критерии работоспособности и влияющие на них факторы.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

по дисциплине Прикладная механика

1. Равнодействующая системы сил. Способы определения. Условия равновесия системы сходящихся сил. Теорема о трех непараллельных силах.
2. Дифференциальные уравнения движения точки. Две задачи динамики точки.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики»

202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

по дисциплине Прикладная механика

1. Момент силы относительно точки. Векторный момент. Момент силы относительно оси. Теорема Вариньона.
2. Принцип Даламбера для точки. Дифференциальное уравнение относительного движения точки (переносная и кориолисова силы инерции).

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики»

202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

по дисциплине Прикладная механика

1. Приведение системы сил к заданному центру. Метод Пуансо
2. Механическая система, внешние и внутренние силы, дифференциальные уравнения системы. Характеристики распределения массы системы (центр масс и момент инерции)

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

по дисциплине Прикладная механика

1. Свободное и несвободное тело. Основные типы связей и их реакций.
2. Моменты инерции относительно параллельных осей (теорема Гюйгенса-Штейнера) и относительно оси, проходящей через заданную точку.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**

по дисциплине Прикладная механика

1. Условия равновесия произвольной системы сил. Частные случаи.
2. Законы классической механики. Масса, ускорение, сила. Системы единиц измерения.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.



**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

по дисциплине Прикладная механика

1. Три формы условий равновесия плоской системы сил.
2. Силовые характеристики (меры действия сил) точки и механической системы. (Момент силы, импульс силы, работа силы, мощность силы).

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

по дисциплине Прикладная механика

1. Статически определяемые и неопределяемые задачи. Равновесие системы тел (составной конструкции)
2. Общие теоремы динамики системы и их следствия (теорема о движении центра масс, теорема об изменении количества движения).

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

по дисциплине Прикладная механика

1. Трение скольжения и трение качения. Равновесие тел с учетом трения.
2. Общие теоремы динамики системы и их следствия (теорема об изменении кинетического момента)

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

по дисциплине Прикладная механика

1. Формулы определения центра тяжести геометрической фигуры (объемной, плоской, линейной).
2. Принцип Даламбера для механической системы (метод кинетостатики).  
Определение силы и момента инерции тела при различных движениях.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

по дисциплине Прикладная механика

1. Центр тяжести тела. Способы определения ЦТ.
2. Общие теоремы динамики системы и их следствия теорема об изменении кинетической энергии)

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

по дисциплине Прикладная механика

1. Векторный способ задания движения точки (Закон движения, траектория, скорость, ускорение точки).
2. Основные понятия ТММ (деталь, звено, кинематическая пара, цепь и др).

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**

по дисциплине Прикладная механика

1. Координатный способ задания движения точки (Закон движения, траектория, скорость, ускорение точки).
2. Основные виды механизмов по функциональному признаку.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**

по дисциплине Прикладная механика

1. Естественный способ задания движения точки (Закон движения, траектория, скорость, ускорение точки).
2. Структура механизмов. Классификация звеньев и кинематических пар

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

по дисциплине Прикладная механика

1. Переход от векторного к координатному и от координатного к естественному способу задания движения точки.
2. Группы Ассура. Степень подвижности механизма. Степень подвижности группы Ассура.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**

по дисциплине Прикладная механика

1. Простейшие движения твердого тела (поступательное и вращение вокруг неподвижной оси) Угловая скорость и угловое ускорение при вращении тела вокруг неподвижной оси.
2. Кинематический анализ и синтез механизмов.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**

по дисциплине Прикладная механика

1. Скорости и ускорения точек при вращении тела вокруг неподвижной оси
2. Графо-аналитическое исследование механизма. Построение плана положений, скоростей и ускорений. Понятие масштаба.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**

по дисциплине Прикладная механика

1. Плоско-параллельное движение твердого тела. Уравнения плоского движения.
2. Силовой расчет механизмов. Движущие силы, силы сопротивления. Силы инерции звеньев плоских механизмов.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19**

по дисциплине Прикладная механика

1. Способы определения скорости точки при плоском движении тела.
2. Основные понятия и определения сопротивления материалов (виды материальных объектов, прочность, жесткость, устойчивость).  
Внутренние силовые факторы. Метод сечений.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20**

по дисциплине Прикладная механика

1. Мгновенный центр скоростей. Способы его нахождения. Определение скоростей точек при плоском движении тела через МЦС.
2. Понятие напряжения, деформации. Закон Гука.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**

по дисциплине Прикладная механика

1. Определение ускорений точек тела при плоском движении (метод полюса)
2. Центральное растяжение-сжатие. Расчеты на прочность и жесткость

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Волжский  
государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Адрес: Н. Новгород, 603600, Н-5,  
ул. Нестерова, 5А, 603951  
тел. (831)419-79-51

Кафедра Подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Специальность 26.05.07 «Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики» 202\_ -20\_\_  
учебного года

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**

по дисциплине Прикладная механика

1. Вращение твердого тела вокруг неподвижной точки. Углы Эйлера. Корабельные углы. Мгновенная ось вращения.
2. Изгиб. Построение эпюр внутренних силовых факторов

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23**

по дисциплине Прикладная механика

1. Сложное движение точки (относительное, переносное и абсолютное движение точки). Теорема о сложении скоростей в сложном движении точки.
2. Классификация механизмов, узлов и деталей. Критерии работоспособности и влияющие на них факторы.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24**

по дисциплине Прикладная механика

1. Ускорение точки при сложном движении (Теорема Кориолиса). Ускорение Кориолиса.
2. Механические передачи. Расчет цилиндрических и зубчатых передач на изгиб и контактную прочность.

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

## Вопросы к зачету

1. Классификация механизмов, узлов и деталей.
2. Общие сведения, назначения, классификация и их основные параметры
3. Конструкции подшипниковых узлов.
4. Требования к деталям, критерии работоспособности и влияющие на них факторы.
5. Для чего предназначен механизм?
6. Какой инструмент применяют для образования профилей зубьев по методу обкатки?
7. На каком принципе или законе основан кинестатический расчет механизмов?
8. Узловая скорость кривошипа рычажного механизма постоянна. Угловое ускорение какого звена этого механизма будет равно нулю?
9. С помощью какого ускорения можно определить угловое ускорение звена
10. Для какого звена необходимо определять ускорение Кориолиса?

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### «Построение профилей зубьев зубчатых колес методом огибания»

1. Получить прибор, бумажную заготовку и методические указания по выполнению работы
2. Внимательно ознакомиться с описанием прибора (п.1 методических указаний)
3. Подготовить прибор к выполнению работы (п.2.1)
4. Выполнить "нарезание" нулевого колеса (п.2.2)
5. Проверить условие "неподрезания" зубьев:  $Z > Z_{\min}$ . Для этого выполнить расчеты п.2.2 (расчет  $Z$  и  $Z_{\min}$ )
6. Для устранения подреза выполнить расчеты п.2.3 и "нарезать" положительное колесо
7. "Нарезать" отрицательное колесо (п.2.4)
8. Освободить бумажную заготовку с нарезанными зубьями, привести прибор в исходное состояние
9. Нанести на заготовку (предварительно сняв ее с прибора), делительную и основную окружности с помощью инструментов (карандаш, циркуль, линейка)
10. Выполнить расчеты (1)-(9) *Приложения 1*.
11. Для зубьев нулевого, положительного и отрицательного колеса начертить вершины зубьев в соответствии с формулами (7)-(9)
12. Оформить отчет (заполнить приложение 1, бумажный диск с зубьями и всеми требуемыми линиями и окружностями)
13. Защитить работу

Зав. кафедрой ПТМ и МР



Никитаев И.В.

Прибор № \_\_\_\_\_

Данные прибора:  $m =$  \_\_\_\_\_ мм,  $d =$  \_\_\_\_\_ мм,  $h_a^* = 1$ ,  $\alpha = 20^\circ$ .

Вычисления:

1. Число зубьев нарезаемого колеса:

$$Z = d / m = \text{_____}. \quad (1)$$

2. Число зубьев колеса по условию неподрезания:

$$Z_{\min} = 2h_a^* / \sin^2 \alpha = \text{_____}. \quad (2)$$

3. Коэффициент минимально необходимого сдвига:

$$\xi_{\min} = h_a^* (Z_{\min} - Z) / Z_{\min} = \text{_____}. \quad (3)$$

4. Минимальный сдвиг:

$$x_{\min} = (\xi_{\min})m = \text{_____} \text{ мм}. \quad (4)$$

5. Положительный сдвиг:

$$x_1 = \text{_____} \text{ мм}. \quad (5)$$

6. Отрицательный сдвиг:

$$x_2 = -x_1 \text{_____} \text{ мм}. \quad (6)$$

7. Радиусы вершин.

Нулевое колесо:

$$R_a = m(Z / 2 + h_a^*) = \text{_____} \text{ мм}. \quad (7)$$

Положительное колесо:

$$R'_a = m(Z / 2 + h_a^*) + x_1 = \text{_____} \text{ мм}. \quad (8)$$

Отрицательное колесо:

$$R''_a = m(Z / 2 + h_a^*) + x_2 = \text{_____} \text{ мм}. \quad (9)$$

Выполнил: студент группы \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)

Проверил: \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)