

**КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА:** Методические указания к расчетно-графической работе / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: А.В.Большунов, Г.В.Соколова. СПб, 2012. 42 с.

Изложены методические указания к расчетно-графической работе «Кинематическое исследование рычажного механизма», представлены типовые схемы механизмов с вариантами заданий и требованиями к оформлению работы.

Предназначены для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплины «Прикладная механика», «Механика», «Машины и механизмы. Детали машин», «Механика. Прикладная механика».

Табл.15. Ил.19. Библиогр.: 7 назв.

Научный редактор проф. И.П.Тимофеев

© Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2012

## ВВЕДЕНИЕ

Расчетно-графическая работа выполняется с целью углубления и закрепления теоретических знаний по дисциплинам: «Прикладная механика», «Механика», «Машины и механизмы. Детали машин», «Механика. Прикладная механика».

Работа выполняется при регулярных контактах с преподавателями на практических занятиях и консультациях.

Расчетно-графическая работа содержит пояснительную записку и графическую часть (схемы, кинематические диаграммы). Графические построения выполняются на листе формата А1 с соблюдением требований ЕСКД, сохранением всех вспомогательных построений, проставлением принятых масштабов и соответствующих надписей. Допускается компьютерный вариант выполнения графической части работы с применением графических редакторов КОМПАС-3D.12V или AutoCAD 2010.

Пояснительная записка должна содержать титульный лист, бланк-задание, содержание, список использованной литературы. В пояснительной записке следует привести схему механизма с исходными данными к расчетно-графической работе и расшифровкой обозначений величин.

Количество положений в цикле движения механизма следует принимать равным 12; для механизма четырехтактного двигателя внутреннего сгорания - 24. При выполнении расчетов следует записать исходную формулу, подставить численные значения, получить результат с указанием единиц измерения. Расчеты рационально представлять в табличной форме.

При защите расчетно-графической работы студент должен дать исчерпывающие объяснения по всем вопросам, связанным с методами кинематического исследования рычажных механизмов.

## 1. КИНЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

Кинематическое исследование механизмов позволяет анализировать движение звеньев без учета приложенных к ним сил.

Целью кинематического исследования механизма является определение положений механизма в различные моменты времени, траекторий характерных точек звеньев механизма, включая центры масс звеньев, величины и направления линейных скоростей и ускорений этих точек, а также угловых скоростей и ускорений звеньев.

Определение перечисленных кинематических характеристик производится в пределах одного периода (цикла) установившегося движения механизма, что соответствует одному полному обороту ведущего звена (кривошипа) для механизма технологической машины и двум оборотам - для механизма четырехтактного двигателя внутреннего сгорания.

Кинематическое исследование механизма с одной степенью подвижности производят в предположении, что ведущее звено имеет постоянную угловую скорость.

Исходные данные к расчетно-графической работе приведены в приложении 1.

### 1.1. Метод планов положений механизма

В масштабе  $\mu_s$  [м/мм] строят план 12 равноотстоящих по времени положений механизма за один цикл его работы. Масштаб плана положений принимают равным отношению

$$\mu_s = \frac{O_1A}{\overline{O_1A}},$$

где  $O_1A$  - действительная длина ведущего звена, м;  $\overline{O_1A}$  - чертёжное изображение ведущего звена, следует принимать  $\overline{O_1A} = 50 - 100$  мм.

Чертёжные изображения остальных звеньев механизма определяют с учетом принятого масштаба

$$\overline{AB} = \frac{AB}{\mu_s}, \text{ мм}; \quad \overline{BC} = \frac{BC}{\mu_s}, \text{ мм и т.д.}$$

План положений механизма второго класса строят методом засечек.

Нулевым (исходным) в цикле движения принимают положение, соответствующее началу холостого хода выходного (ведомого) звена механизма технологической машины или началу рабочего и холостого хода выделяют контурными линиями по одному положению механизма (номера положений студент выбирает самостоятельно).

На плане положений указывают траектории всех характерных подвижных точек звеньев механизма, включая центры масс звеньев.

### 1.2. Методы планов скоростей и ускорений

В последовательности присоединения структурных групп и с учетом их особенностей графическим решением векторных уравнений скоростей и ускорений строят масштабные планы скоростей и ускорений. Планы скоростей строят для всех 12 фиксированных положений механизма, планы ускорений - для двух ранее выделенных. Масштаб планов скоростей  $\mu_v$  [м/(с·мм)] и ускорений  $\mu_a$  [м/(с<sup>2</sup>·мм)] принимают равными

$$\mu_v = \frac{g_A}{pa}, \quad g_A = \omega_1 \cdot O_1A,$$

где  $g_A$  - линейная скорость кривошипной точки  $A$ , м/с;  $\omega_1$  - частота вращения ведущего звена, с<sup>-1</sup>;  $O_1A$  - действительная длина ведущего звена, м;  $pa$  - чертёжное изображение скорости кривошипной точки  $A$ , мм.

$$\mu_a = \frac{a_A}{\overline{pa}}, \quad a_A = \omega_1^2 \cdot O_1A,$$

где  $a_A$  - линейное ускорение кривошипной точки  $A$ , м/с<sup>2</sup>;  $\overline{pa}$  - чертёжное изображение скорости кривошипной точки  $A$ , мм.



При определении масштабных коэффициентов  $\mu_v$  и  $\mu_a$  изображения линейной скорости и линейного ускорения кривошипной точки  $A$  ведущего звена задают не менее 50 мм.

По построенным планам вычисляют линейные скорости и ускорения для всех характерных подвижных точек звеньев механизма, включая центры масс звеньев, рассчитывают угловые скорости  $\omega$  [ $c^{-1}$ ] и угловые ускорения  $\varepsilon$  [ $c^{-2}$ ] звеньев механизма

$$\omega_1 = \frac{v_{BA}}{BA}; \quad \varepsilon_1 = \frac{a_{BA}^r}{BA},$$

где  $v_{BA}$  – линейная скорость точки  $B$  в ее движении относительно точки  $A$ , м/с;  $BA$  – действительное расстояние между точками  $A$  и  $B$ , м;  $a_{BA}^r$  – касательная составляющая относительного ускорения движения точки  $B$  относительно точки  $A$ , м/с<sup>2</sup>.

Направление угловой скорости  $\omega$  определяют по направлению вектора  $v_{BA}$ , а углового ускорения  $\varepsilon$  – по направлению вектора  $a_{BA}^r$ . Стрелками на звеньях указывают их направление. Результаты вычислений представляют в табличной форме.

Планы положений, скоростей и ускорений оформляют на чертеже как отдельные изображения с подрисовочными надписями с обязательным указанием соответствующих масштабных коэффициентов  $\mu_s$ ,  $\mu_v$  и  $\mu_a$  и их размерностей.

## 2. ПРИМЕР КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

Построение планов положений, скоростей и ускорений рассмотрим на примере шарнирно-рычажного механизма, представленного на рис. 1

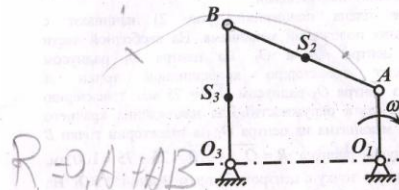


Рис. 1. Шарнирно-рычажный механизм

Дано:  $O_1A = 0,05$  м;  $AB = 0,15$  м;  $O_2B = 0,15$  м;  $O_1O_2 = 0,20$  м; закон движения ведущего звена – равномерное вращательное движение,  $n = 300$  мин<sup>-1</sup>; положение центров масс звеньев  $S_2$  и  $S_3$  – середина длин звеньев.

### 2.1. Построение плана положений механизма

Масштаб плана положений

$$\mu_s = \frac{O_1A}{O_1A} = \frac{0,05}{25} = 0,002 \frac{м}{мм},$$

где  $O_1A = 0,05$  м – действительная длина ведущего звена (кривошипа);  $O_1A = 25$  мм – чертежное изображение длины ведущего звена (с учетом формата данных методических указаний).

В принятом масштабе чертежные изображения остальных звеньев механизма равны:

$$\frac{AB}{\mu_s} = \frac{0,15}{0,002} = 75 \text{ мм}; \quad \frac{O_2B}{\mu_s} = \frac{0,15}{0,002} = 75 \text{ мм};$$

7

$$\frac{O_1O_2}{\mu_s} = \frac{0,20}{0,002} = 100 \text{ мм}.$$

В шарнирном четырехзвенном механизме кривошип  $O_1A$  выполняет вращательное движение, при этом ведомое звено  $O_2B$  совершает возвратно-вращательное движение между двумя крайними («мертвыми») положениями.

Построение плана положений (рис. 2) начинают с определения крайних положений механизма. На свободной части листа отмечают центры  $O_1$  и  $O_2$ . Из центра  $O_1$  радиусом  $O_1A = 25$  мм проводят траекторию кривошипной точки  $A$  (окружность), а из центра  $O_2$  радиусом  $O_2B = 75$  мм траекторию движения точки  $B$  (дуга окружности). Для нахождения крайнего левого положения механизма из центра  $O_1$  на траектории точки  $B$  делают засечку дугой радиуса  $R = O_1A + AB = 25 + 75 = 100$  мм, соединяют полученную точку с центром  $O_1$  прямой линией  $BO_1$ . На пересечении этой линии с траекторией кривошипной точки отмечают положение точки  $A$ . Для нахождения крайнего правого положения механизма из центра  $O_1$  на траектории точки  $B$  делают засечку дугой радиуса  $R = AB - O_1A = 100 - 25 = 75$  мм. Полученную точку  $B$  соединяют с центром  $O_1$  прямой линией и продолжают ее до пересечения с траекторией точки  $A$ .

За начало отсчета (нулевое положение механизма), принимают крайнее левое положение, которое соответствует началу холостого хода. Соответствующим точкам механизма присваивают индекс «0»:  $A_0; B_0$ .

Точкам механизма, соответствующим крайнему правому положению присваивают индекс «6», т.е.  $A_6; B_6$ .

Начиная от нулевого положения кривошипа  $O_1A_0$  траекторию кривошипной точки  $A$  делят на 12 равных частей и фиксируют соответствующие положения кривошипа  $O_1A_1, O_1A_2, O_1A_3$  и т. д. Последовательно из точек  $A_1, A_2, A_3$  и т. д., как из центров, на траектории точки  $B$  делают засечки дугой радиуса  $R = AB = 75$  мм, фиксируют соответствующие положения шатуна  $A_1B_1, A_2B_2, A_3B_3$  и т. д. и балансира  $O_2B_1, O_2B_2, O_2B_3$  и т. д.

8

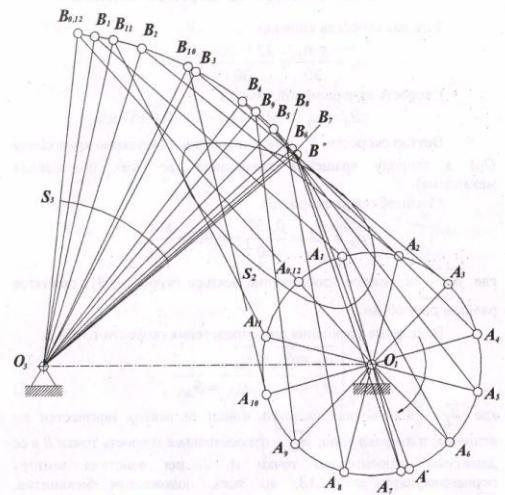


Рис. 2. План положений механизма

На построенном плане положений указывают траектории центров масс шатуна  $S_2$  и балансира  $S_3$ .

9



## 2.2 Построение плана скоростей механизма

Угловая скорость кривошипа

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 300}{30} = 31,4 \text{ с}^{-1}.$$

Скорость кривошипной точки  $A$

$$v_A = \omega_1 \cdot O_1A = 31,4 \cdot 0,05 = 0,157 \text{ м/с}.$$

Вектор скорости  $v_A$  направлен перпендикулярно кривошипу  $O_1A$  в сторону вращения кривошипа (во всех положениях механизма).

Масштаб плана скоростей

$$\mu_v = \frac{v_A}{pa} = \frac{0,157}{60} = 0,0026 \frac{\text{м/с}}{\text{мм}},$$

где  $pa$  — чертежное изображение вектора скорости  $v_A$ , принятое равным  $pa = 60$  мм.

Векторные уравнения для определения скорости точки  $B$ :

$$\begin{cases} \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{v}_{BA}; & (1) \\ \vec{v}_B = \vec{v}_{O_3} + \vec{v}_{BO_3} = \vec{v}_{BO_3}, & (2) \end{cases}$$

где  $\vec{v}_B$  — абсолютная скорость точки  $B$ , вектор неизвестен по величине и направлению;  $\vec{v}_{BA}$  — относительная скорость точки  $B$  в ее движении относительно точки  $A$ . Линия действия вектора перпендикулярна звену  $AB$ , во всех положениях механизма;  $\vec{v}_{BO_3}$  — относительная скорость точки  $B$  в ее движении относительно точки  $O_3$ . Линия действия вектора перпендикулярна звену  $BO_3$ .

Согласно векторному уравнению (1) из полюса плана скоростей (точка  $p$ ) проводят линию действия вектора  $\vec{v}_A \perp O_1A$  и откладывают его чертежное изображение  $pa = 60$  мм. Конец вектора обозначают строчной буквой «а» (рис.3).

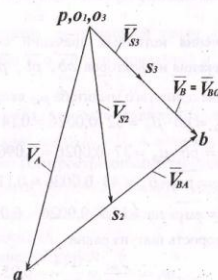
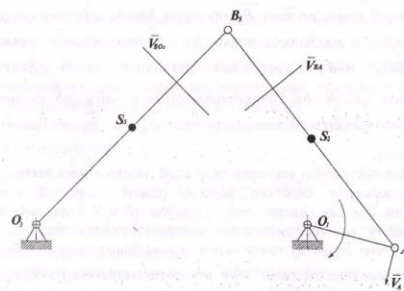


Рис.3. План скоростей механизма (положение 5)

Через конец вектора  $\vec{v}_A$  проводят линию действия вектора  $\vec{v}_{BA} \perp AB$ , а из полюса точки  $P$  — линию действия вектора  $\vec{v}_{BO_3} \perp BO_3$ , точку пересечения указанных линий действия обозначают буквой «b». Построенные отрезки  $ab$  и  $pb$  являются чертежными изображениями скоростей  $\vec{v}_{BA}$  и  $\vec{v}_B$  в принятом масштабе  $\mu_v$ .

Для построения векторов скоростей центров масс звеньев  $S_2$  и  $S_3$  используют свойство подобия плана скоростей плану положений. Так как центры масс  $S_2$  шатуна  $AB$  и  $S_3$  балансира  $BO_3$  расположены на середине длин соответствующих звеньев, то согласно этому свойству точки «s<sub>2</sub>» и «s<sub>3</sub>» на плане скоростей будут лежать на середине отрезков  $ab$  и  $pb$ , соответственно. Из полюса  $p$  проводят вектора  $ps_2$  и  $ps_3$ , являющиеся чертежными изображениями полных скоростей центров масс звеньев  $S_2$  и  $S_3$  —  $\vec{v}_{S_2}$  и  $\vec{v}_{S_3}$ .

Для получения истинных значений скоростей измеряют чертежные изображения их векторов  $ab$ ,  $pb$ ,  $ps_2$  и  $ps_3$  на планах скоростей. С учетом принятого масштаба  $\mu_v$ , скорости равны:

$$v_{BA} = ab \cdot \mu_v = 52 \cdot 0,0026 = 0,14 \text{ м/с};$$

$$v_B = pb \cdot \mu_v = 37 \cdot 0,0026 = 0,096 \text{ м/с};$$

$$v_{S_2} = ps_2 \cdot \mu_v = 43 \cdot 0,0026 = 0,11 \text{ м/с};$$

$$v_{S_3} = ps_3 \cdot \mu_v = 18,5 \cdot 0,0026 = 0,05 \text{ м/с}.$$

Угловая скорость шатуна равна

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{AB} = \frac{0,14}{0,15} = 0,93 \text{ с}^{-1}.$$

Для определения направления вектора угловой скорости  $\omega_2$  вектор относительной скорости  $\vec{v}_{BA}$  мысленно переносят в точку  $B$

и смотрят, в каком направлении вектор  $\vec{v}_{BA}$  вращал бы звено  $AB$  относительно точки  $A$ . Это направление совпадает с направлением угловой скорости  $\omega_2$ . В рассматриваемом примере  $\omega_2$  направлена по часовой стрелке. Найденное направление указывают на плане положений механизма (на рис. 2 не показано).

Величину и направление угловой скорости балансира  $\omega_3$  определяют аналогично

$$\omega_3 = \frac{v_{BO_3}}{BO_3} = \frac{0,096}{0,15} = 0,64 \text{ с}^{-1}.$$

Вектор угловой скорости балансира  $\omega_3$  направлен по часовой стрелке (на рис. 2 не показан).

Результаты вычислений линейных и угловых скоростей звеньев за цикл движения представляют в табличном форме.

## 2.3 Построение плана ускорений механизма

Полное ускорение кривошипной точки  $A$  в общем случае равно сумме нормальной  $a_A^n$  и тангенциальной  $a_A^t$  составляющих

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^t$$

Так как угловая скорость кривошипа  $\omega_1$  постоянна, то угловое ускорения кривошипа  $\epsilon_1 = 0$ , а полное ускорение точки  $A$  равно ее нормальному (центростремительному) ускорению

$$a_A = a_A^n = \omega_1^2 \cdot O_1A = 31,4^2 \cdot 0,05 = 0,49 \text{ м/с}^2.$$

Вектор  $a_A$  направлен вдоль кривошипа  $O_1A$  от точки  $A$  к центру кривошипа точке  $O_1$ .

Масштаб плана ускорений

$$\mu_a = \frac{a_A}{pa} = \frac{0,49}{80} = 0,0061 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}.$$

где  $pa$  — чертежное изображение вектора полного ускорения точки  $A$ , принят равным  $pa = 80$  мм.

Для определения полного ускорения точки  $B$  составляют векторные уравнения, рассматривая движение точки  $B$  раздельно с каждым из звеньев механизма (шатунно и балансиром).

Из условия рассмотрения движения точки  $B$  только с шатуном  $AB$  абсолютное ускорение точки  $B$  равно

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n$$

где  $\vec{a}_B$  - абсолютное ускорение точки  $B$ ;  $\vec{a}_{BA}^n$  - относительное ускорение движения точки  $B$  относительно точки  $A$ .

$$\vec{a}_{BA}^n = \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$$

где  $\vec{a}_{BA}^n$ ,  $\vec{a}_{BA}^t$  - соответственно нормальная и тангенциальная составляющие относительного ускорения  $\vec{a}_{BA}$ .

Окончательно уравнение приобретает вид

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t$$

С учетом ранее построенного плана скоростей, определяют величину ускорения  $\vec{a}_{BA}^n$

$$a_{BA}^n = \frac{v_{BA}^2}{AB} = \frac{0,14^2}{0,15} = 0,13 \text{ м/с}^2$$

Чертежное изображение вектора  $\vec{a}_{BA}^n$  на плане ускорений

$$\overline{an} = \frac{a_{BA}^n}{\mu_a} = \frac{0,13}{0,0061} = 21,3 \text{ мм.}$$

Вектор  $\vec{a}_{BA}^n$  направлен вдоль звена  $AB$  от точки  $B$  к точке  $A$  (см. рис. 4), линия действия вектора  $\vec{a}_{BA}^t$  перпендикулярна звену  $AB$ .

Из условия рассмотрения движения точки  $B$  только с балансиром  $BO_3$  второе векторное уравнение имеет вид

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{O_3} + \vec{a}_{BO_3}^n + \vec{a}_{BO_3}^t$$

где  $\vec{a}_{O_3}$  - полное ускорение точки  $O_3$  равно 0, т.к. точка  $O_3$  неподвижна;  $\vec{a}_{BO_3}^n$  и  $\vec{a}_{BO_3}^t$  - соответственно нормальная и тангенциальная составляющие относительного ускорения  $\vec{a}_{BO_3}$ .

Ускорение  $\vec{a}_{BO_3}^n$  равно

$$a_{BO_3}^n = \frac{v_{BO_3}^2}{BO_3} = \frac{0,096^2}{0,15} = 0,061 \text{ м/с}^2$$

Чертежное изображение вектора  $\vec{a}_{BO_3}^n$  на плане ускорений

$$\overline{m_1} = \frac{a_{BO_3}^n}{\mu_a} = \frac{0,061}{0,0061} = 10 \text{ мм.}$$

Вектор  $\vec{a}_{BO_3}^n$  направлен вдоль звена  $BO_3$  от точки  $B$  к точке  $O_3$  (см. рис. 4), линия действия вектора  $\vec{a}_{BO_3}^t$  перпендикулярна звену  $BO_3$ .

Графическим решением системы векторных уравнений получают план ускорений механизма (рис. 4):

$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t & (3) \\ \vec{a}_B = \vec{a}_{O_3} + \vec{a}_{BO_3}^n + \vec{a}_{BO_3}^t = \vec{a}_{BO_3}^n + \vec{a}_{BO_3}^t & (4) \end{cases}$$

Из полюса плана ускорений точки  $\pi$  откладывают вектор  $\vec{a}_A$ . Из конца вектора  $\vec{a}_A$ , согласно уравнению (3), параллельно звену  $AB$  проводят линию действия вектора  $\vec{a}_{BA}^n$  и откладывают на ней отрезок  $\overline{an} = 21,3$  мм. Через конец этого вектора проводят линию действия вектора  $\vec{a}_{BA}^t$  перпендикулярную звену  $AB$ .

Далее из полюса  $\pi$  проводят линию действия вектора  $\vec{a}_{BO_3}^n$  параллельно звену  $BO_3$  и откладывают на ней отрезок  $\overline{m_1} = 10$  мм. Через конец этого вектора проводят линию действия вектора  $\vec{a}_{BO_3}^t$  перпендикулярную звену  $BO_3$  до пересечения с линией действия ускорения  $\vec{a}_{BA}^t$ , точку пересечения  $\vec{a}_{BA}^t$  и  $\vec{a}_{BO_3}^t$  обозначают буквой «b» и соединяют ее с полюсом плана ускорений.

Вектор  $\overline{\pi b}$  на плане ускорений является чертежным изображением полного ускорения  $\vec{a}_B$  и равен  $\overline{\pi b} = 46$  мм.

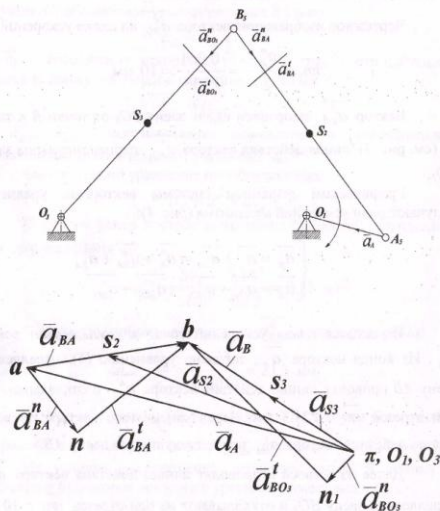


Рис. 4. План ускорений механизма (положение 5)

Соединив точку «a» и «b» на плане ускорений получают полное относительное ускорение  $\vec{a}_{BA}^t$ . Чертежное изображение этого вектора отрезок  $\overline{ab} = 38$  мм.

Положение точек  $S_2$  и  $S_3$  на плане ускорений определяют на основании свойств подобия плана ускорений плану положений звена.

Тогда отрезки  $\overline{\pi s_2} = 62$  мм и  $\overline{\pi s_3} = 23$  мм являются чертежными изображениями векторов ускорений центров масс звеньев  $\vec{a}_{S_2}$  и  $\vec{a}_{S_3}$ .

По построенному плану ускорений окончательно вычисляют ускорения всех характерных точек звеньев механизма.

$$a_B = a_{BO_3} = \overline{\pi b} \cdot \mu_a = 46 \cdot 0,0061 = 0,28 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA} = \overline{ab} \cdot \mu_a = 38 \cdot 0,0061 = 0,23 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^t = \overline{nb} \cdot \mu_a = 33 \cdot 0,0061 = 0,20 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BO_3}^t = \overline{n_1 b} \cdot \mu_a = 45 \cdot 0,0061 = 0,27 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{S_2} = \overline{\pi s_2} \cdot \mu_a = 62 \cdot 0,0061 = 0,38 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{S_3} = \overline{\pi s_3} \cdot \mu_a = 23 \cdot 0,0061 = 0,14 \text{ м/с}^2.$$

Угловое ускорение шатуна

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^t}{AB} = \frac{0,20}{0,15} = 1,33 \text{ с}^{-2}.$$

Угловое ускорение балансира

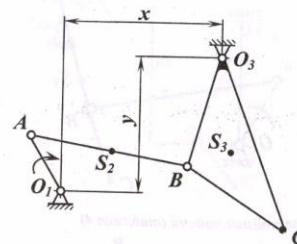
$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BO_3}^t}{BO_3} = \frac{0,27}{0,15} = 1,80 \text{ с}^{-2}.$$

Для определения направлений векторов угловых ускорений  $\varepsilon_2$  и  $\varepsilon_3$  вектора относительных ускорений  $\vec{a}_{BA}^t$  и  $\vec{a}_{BO_3}^t$  мысленно переносят в точку  $B$  шатуна и балансира и смотрят, в каком направлении вектор  $\vec{a}_{BA}^t$  вращал бы точку  $B$  относительно точки  $A$ , а вектор  $\vec{a}_{BO_3}^t$  вращал бы точку  $B$  относительно точки  $O_3$ . Эти

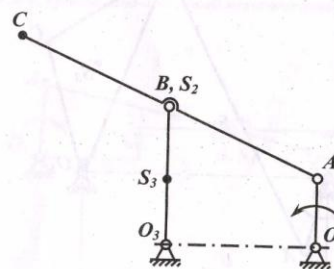


ЗАДАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Задание № 1. Механизм затвора (таблица 1)



Задание № 2. Шарнирно-рычажный механизм (таблица 2)

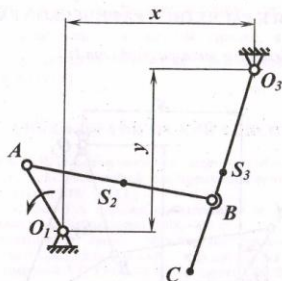


направления совпадают с направлениями угловых ускорений  $\epsilon_2$  и  $\epsilon_3$ , соответственно. В рассматриваемом примере угловое ускорение  $\epsilon_2$  направлено по часовой стрелке, а  $\epsilon_3$  - против. Найденные направления указывают на плане положений механизма (на рис. 2 не показаны).

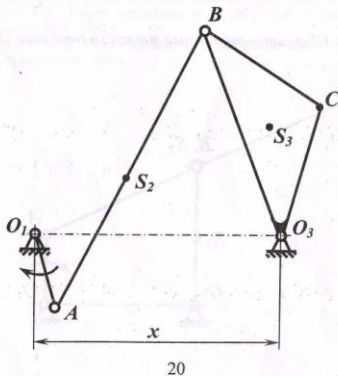
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. - М.: Альянс, 2011. - 640 с.
2. Артоболевский И. И., Эдельштейн Б. В. Сборник задач по теории механизмов и машин. - М.: Альянс, 2009. - 256 с.
3. Попов С.А., Тимофеев Г.А. Курсовое проектирование по теории механизмов и механике машин. - М.: Высшая школа, 2008. - 456 с.
4. Теория механизмов и машин: Методические указания по курсовому проектированию / Санкт-Петербургский государственный горный ин-т. Сост.: А.В. Большунов, Е.С. Кузнецов, Г.В. Соколова. СПб, 2011. 38 с.
5. Теория механизмов и машин: Методические указания по выполнению лабораторных работ / Санкт-Петербургский государственный горный ин-т. Сост.: А.В. Большунов, Г.В. Соколова, И.П. Тимофеев. СПб, 2011. 45 с.
6. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин. Курс лекций. М.: Высшее образование, 2009. - 352 с.
7. Фролов К.В. и др. Теория механизмов и механика машин. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 688 с.

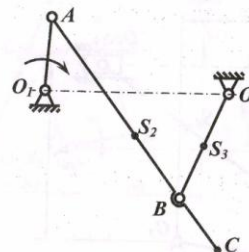
Задание № 3. Кривошипно-коромысловый механизм (таблица 3)



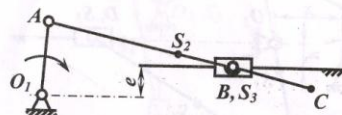
Задание № 4. Механизм подачи (таблица 4)



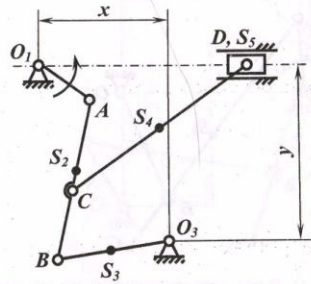
Задание № 5. Механизм породопрогрузочной машины (таблица 5)



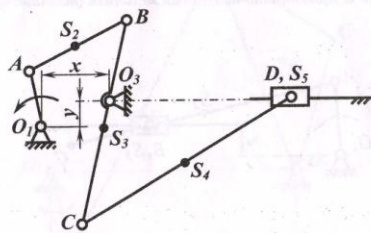
Задание № 6. Кривошипно-ползунный механизм (таблица 6)



Задание № 7. Механизм конвейера (таблица 7)

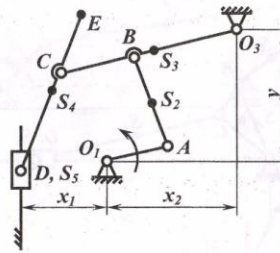


Задание № 8. Механизм конвейера (таблица 8)

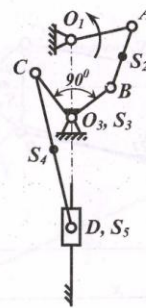


22

Задание № 9. Механизм (таблица 9)

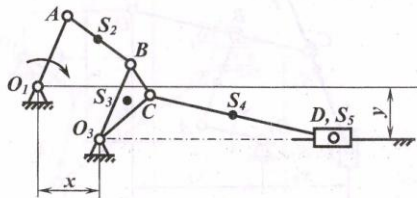


Задание № 10. Механизм (таблица 10)

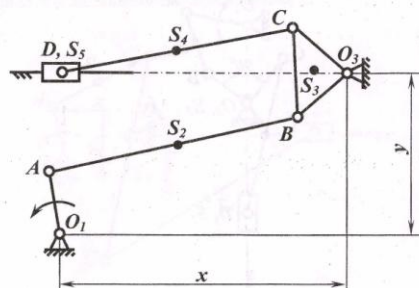


23

Задание № 11. Механизм (таблица 11)

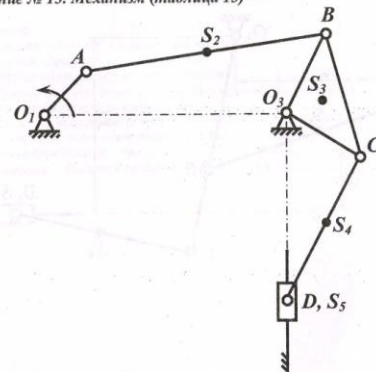


Задание № 12. Механизм (таблица 12)

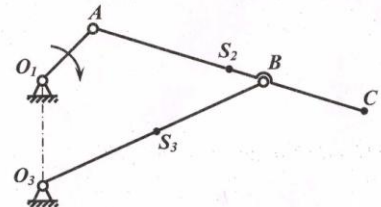


24

Задание № 13. Механизм (таблица 13)

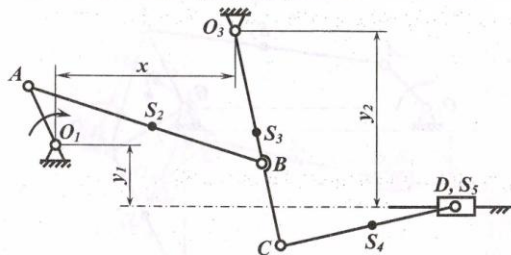


Задание № 14. Шарнирно-рычажный механизм с удлиненным коромыслом (таблица 14)



25

Задание № 15. Механизм (таблица 15)



СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
I. Кинематическое исследование рычажного механизма.....	4
1.1. Метод планов положений механизма.....	4
1.2. Методы планов скоростей и ускорений.....	5
II. Пример кинематического исследования рычажного механизма.....	7
2.1. Построение плана положений механизма.....	7
2.2. Построение плана скоростей механизма.....	10
2.3. Построение плана ускорений механизма.....	13
Библиографический список.....	18
Приложение 1. Задания к расчетно-графической работе.....	19



Таблица 1

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,10	0,10	0,13	0,13	0,16	0,16	0,19	0,19	0,22	0,22
$l_{AB}$ , м	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,90	0,94	0,98
$l_{O_2B}$ , м	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56
$l_{BC}$ , м	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,56
$l_{O_3C}$ , м	0,38	0,456	0,532	0,608	0,684	0,76	0,835	0,912	0,99	0,99
$x$ , м	0,33	0,392	0,460	0,528	0,594	0,64	0,726	0,772	0,86	0,90
$y$ , м	0,16	0,192	0,224	0,252	0,288	0,32	0,352	0,384	0,40	0,45
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	150	175	200	250	225	200	175	150	225	125

Таблица 2

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,04	0,06	0,12	0,02	0,07	0,10	0,08	0,05	0,16	0,14
$l_{AB}$ , м	0,10	0,15	0,30	0,08	0,18	0,25	0,20	0,12	0,40	0,35
$l_{BC}$ , м	0,10	0,15	0,30	0,08	0,18	0,25	0,20	0,12	0,40	0,35
$l_{O_2B}$ , м	0,10	0,15	0,30	0,08	0,18	0,25	0,20	0,12	0,40	0,35
$l_{O_3C}$ , м	0,08	0,12	0,24	0,04	0,14	0,20	0,16	0,10	0,32	0,28
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	300	500	700	990	800	400	600	100	900	200



Таблица 3

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,10	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,12	0,14	0,16	0,16
$l_{AB}$ , м	0,25	0,274	0,324	0,374	0,38	0,40	0,36	0,424	0,45	0,476
$l_{O_2C}$ , м	0,274	0,302	0,33	0,356	0,384	0,412	0,44	0,468	0,496	0,52
$l_{O_3B}$ , м	0,15	0,168	0,182	0,196	0,21	0,226	0,242	0,258	0,272	0,286
$x$ , м	0,24	0,264	0,286	0,312	0,336	0,36	0,384	0,404	0,432	0,456
$y$ , м	0,174	0,192	0,212	0,228	0,244	0,262	0,28	0,298	0,314	0,332
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	450	175	200	225	650	225	200	150	150	125

Таблица 4

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}$ , м	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
$l_{AB}$ , м	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96
$l_{O_2B}$ , м	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48
$l_{BC}$ , м	0,07	0,095	0,12	0,145	0,17	0,192	0,216	0,24	0,264	0,29
$l_{O_3C}$ , м	0,07	0,095	0,12	0,145	0,17	0,192	0,216	0,24	0,264	0,29
$x$ , м	0,288	0,384	0,48	0,576	0,67	0,71	0,864	0,96	0,995	0,75
$n_{O_1A}$ , мин <sup>-1</sup>	450	175	200	225	500	300	350	400	175	600

Таблица 5

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}, \text{ м}$	0,06	0,05	0,08	0,045	0,10	0,20	0,12	0,125	0,02	0,14
$l_{O_1O_2}, \text{ м}$	0,12	0,14	0,16	0,20	0,20	0,28	0,245	0,25	0,06	0,30
$l_{O_2B}, \text{ м}$	0,15	0,16	0,20	0,20	0,25	0,23	0,30	0,32	0,05	0,32
$l_{AB}, \text{ м}$	0,15	0,18	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	0,36	0,04	0,40
$l_{BC}, \text{ м}$	0,15	0,10	0,18	0,15	0,20	0,14	0,12	0,20	0,025	0,20
$n_{O_1A}, \text{ мин}^{-1}$	100	200	300	400	500	500	600	700	800	900

Таблица 6

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O_1A}, \text{ м}$	0,065	0,075	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,23	0,022	0,08
$e, \text{ м}$	0,02	0,035	0,06	0,02	0,03	0	0,10	0,08	0,012	0,035
$l_{AB}, \text{ м}$	0,20	0,25	0,32	0,30	0,33	0,36	0,50	0,65	0,075	0,25
$l_{BC}, \text{ м}$	0,06	0,10	0,15	0,125	0,15	0,14	0,25	0,20	0,02	0,09
$n_{O_1A}, \text{ мин}^{-1}$	900	800	700	600	500	500	400	300	200	100



Таблица 7

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{OA}, \text{ м}$	0,125	0,150	0,100	0,125	0,150	0,100	0,125	0,150	0,100	0,125
$l_{AB}, \text{ м}$	0,375	0,400	0,350	0,400	0,350	0,375	0,400	0,350	0,350	0,375
$l_{OB}, \text{ м}$	0,200	0,250	0,200	0,200	0,250	0,200	0,200	0,250	0,200	0,200
$l_{AC}, \text{ м}$	0,225	0,250	0,200	0,225	0,250	0,200	0,225	0,250	0,200	0,225
$l_{CD}, \text{ м}$	0,375	0,450	0,400	0,375	0,450	0,400	0,375	0,500	0,450	0,475
$x, \text{ м}$	0,125	0,200	0,150	0,125	0,200	0,150	0,125	0,200	0,150	0,125
$y, \text{ м}$	0,375	0,400	0,350	0,375	0,400	0,350	0,375	0,400	0,350	0,575
$n_{OA}, \text{ мин}^{-1}$	50	15	100	0,150	175	200	300	150	50	77

Таблица 8

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{OA}, \text{ м}$	0,25	0,09	0,22	0,10	0,18	0,15	0,06	0,08	0,12	0,20
$l_{AB}, \text{ м}$	0,30	0,11	0,27	0,12	0,22	0,17	0,07	0,10	0,15	0,24
$l_{OB}, \text{ м}$	0,20	0,07	0,17	0,08	0,15	0,12	0,05	0,065	0,10	0,15
$l_{OC}, \text{ м}$	0,31	0,11	0,25	0,115	0,22	0,17	0,07	0,10	0,14	0,23
$l_{CD}, \text{ м}$	0,90	0,33	0,70	0,35	0,60	0,52	0,20	0,30	0,45	0,70
$x, \text{ м}$	0,10	0,035	0,09	0,04	0,07	0,06	0,025	0,03	0,05	0,08
$y, \text{ м}$	0,06	0,025	0,055	0,025	0,045	0,04	0,01	0,02	0,03	0,05
$n_{OA}, \text{ мин}^{-1}$	30	100	40	90	70	80	110	120	60	50

Таблица 9

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O,A}, \text{ м}$	0,15	0,10	0,08	0,12	0,20	0,07	0,24	0,05	0,18	0,25
$l_{AB}, \text{ м}$	0,40	0,27	0,22	0,32	0,55	0,19	0,65	0,14	0,50	0,70
$l_{O,B}, \text{ м}$	0,37	0,25	0,20	0,30	0,50	0,18	0,60	0,12	0,45	0,62
$l_{BC}, \text{ м}$	0,23	0,15	0,12	0,18	0,30	0,115	0,360	0,08	0,27	0,38
$l_{CD}, \text{ м}$	0,23	0,15	0,12	0,18	0,30	0,115	0,360	0,08	0,27	0,38
$l_{CE}, \text{ м}$	0,15	0,10	0,08	0,12	0,20	0,07	0,24	0,05	0,18	0,25
$x_1, \text{ м}$	0,37	0,25	0,20	0,30	0,50	0,18	0,60	0,12	0,45	0,62
$x_2, \text{ м}$	0,30	0,20	0,17	0,24	0,40	0,14	0,48	0,10	0,36	0,50
$y, \text{ м}$	0,45	0,30	0,25	0,36	0,60	0,22	0,72	0,15	0,55	0,75
$n_{O,A}, \text{ мин}^{-1}$	30	40	50	60	70	65	75	55	35	45

Таблица 10

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O,A}, \text{ м}$	0,15	0,08	0,12	0,16	0,05	0,25	0,06	0,10	0,22	0,18
$l_{AB}, \text{ м}$	0,15	0,08	0,12	0,16	0,05	0,25	0,06	0,10	0,22	0,18
$l_{O,B}, \text{ м}$	0,09	0,045	0,07	0,095	0,03	0,15	0,035	0,06	0,13	0,105
$l_{O,C}, \text{ м}$	0,12	0,055	0,06	0,11	0,04	0,20	0,03	0,08	0,15	0,135
$l_{CD}, \text{ м}$	0,35	0,15	0,20	0,30	0,10	0,50	0,10	0,25	0,40	0,40
$n_{O,A}, \text{ мин}^{-1}$	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65



Таблица 11

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O,A}, \text{ м}$	0,22	0,08	0,20	0,12	0,25	0,06	0,18	0,10	0,13	0,15
$l_{AB}, \text{ м}$	0,22	0,08	0,20	0,12	0,25	0,06	0,18	0,10	0,13	0,15
$l_{O,B}, \text{ м}$	0,22	0,08	0,20	0,12	0,25	0,06	0,18	0,10	0,13	0,15
$l_{O,C}, \text{ м}$	0,20	0,07	0,18	0,11	0,15	0,035	0,17	0,085	0,09	0,12
$l_{BC}, \text{ м}$	0,045	0,02	0,04	0,03	0,12	0,025	0,03	0,03	0,05	0,05
$l_{CD}, \text{ м}$	0,80	0,30	0,80	0,40	0,90	0,15	0,60	0,35	0,40	0,50
$x, \text{ м}$	0,055	0,02	0,05	0,03	0,60	0,015	0,045	0,025	0,03	0,04
$y, \text{ м}$	0,055	0,02	0,05	0,03	0,60	0,015	0,045	0,025	0,03	0,04
$n_{O,A}, \text{ мин}^{-1}$	60	100	70	110	30	120	90	120	40	80

Таблица 12

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O,A}, \text{ м}$	0,05	0,21	0,25	0,09	0,06	0,10	0,16	0,15	0,18	0,12
$l_{AB}, \text{ м}$	0,20	0,86	1,00	0,36	0,22	0,39	0,62	0,59	0,52	0,45
$l_{O,B}, \text{ м}$	0,10	0,40	0,50	0,18	0,11	0,20	0,32	0,30	0,36	0,22
$l_{O,C}, \text{ м}$	0,10	0,40	0,50	0,18	0,11	0,20	0,32	0,30	0,36	0,22
$l_{BC}, \text{ м}$	0,17	0,72	0,84	0,31	0,20	0,34	0,55	0,50	0,62	0,40
$l_{CD}, \text{ м}$	0,18	0,75	0,92	0,34	0,21	0,37	0,58	0,55	0,68	0,42
$x, \text{ м}$	0,16	0,66	0,80	0,29	0,18	0,32	0,50	0,48	0,60	0,37
$y, \text{ м}$	0,18	0,75	0,80	0,33	0,20	0,36	0,57	0,55	0,30	0,40
$n_{O,A}, \text{ мин}^{-1}$	60	55	50	45	40	35	30	65	70	75

Таблица 13

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O,A}$ , м	0,20	0,22	0,12	0,25	0,16	0,15	0,10	0,08	0,18	0,14
$l_{AB}$ , м	0,35	0,38	0,22	0,42	0,28	0,25	0,18	0,14	0,32	0,23
$l_{O,B}$ , м	0,30	0,33	0,18	0,37	0,24	0,22	0,15	0,12	0,27	0,20
$l_{O,C}$ , м	0,30	0,33	0,18	0,37	0,24	0,22	0,15	0,12	0,27	0,20
$l_{O,O_3}$ , м	0,325	0,36	0,19	0,38	0,26	0,23	0,16	0,13	0,30	0,21
$l_{BC}$ , м	0,40	0,44	0,25	0,48	0,32	0,28	0,20	0,16	0,36	0,25
$l_{CD}$ , м	0,50	0,55	0,30	0,60	0,40	0,36	0,25	0,20	0,45	0,33
$n_{O,A}$ , мин <sup>-1</sup>	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650

Таблица 14

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{O,A}$ , м	0,02	0,10	0,06	0,05	0,08	0,025	0,10	0,12	0,09	0,04
$l_{AB}$ , м	0,06	0,32	0,19	0,20	0,30	0,09	0,30	0,35	0,26	0,14
$l_{O,B}$ , м	0,06	0,35	0,20	0,25	0,40	0,15	0,55	0,42	0,315	0,16
$l_{O,O_3}$ , м	0,03	0,18	0,10	0,15	0,20	0,10	0,40	0,30	0,315	0,08
$l_{BC}$ , м	0,015	0,05	0,04	0,10	0,10	0,04	0,075	0,10	0,065	0,04
$n_{O,A}$ , мин <sup>-1</sup>	350	120	300	400	200	400	200	150	320	400



Таблица 15

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_{OA}, \text{ м}$	0,25	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,12	0,10
$l_{AB}, \text{ м}$	0,75	0,70	0,70	0,70	0,50	0,36	0,45	0,40	0,30	0,30
$l_{OB}, \text{ м}$	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
$l_{BC}, \text{ м}$	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
$l_{CD}, \text{ м}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
$x, \text{ м}$	0,70	0,65	0,60	0,60	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
$y_1, \text{ м}$	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0	0,05	0,05	0,05
$y_2, \text{ м}$	0,45	0,45	0,45	0,45	0,35	0,35	0,25	0,30	0,20	0,20
$n_{OA}, \text{ мин}^{-1}$	30	40	50	60	70	80	90	100	35	45