

Серия 7. Теоретические и прикладные аспекты высшего профессионального образования мест в общежитии и их обустроенность, минимальный бытовой сервис и доступное медицинское обеспечение учащихся, активное взаимодействие с землячествами.

Третий, но не по значимости, этап – этап агрессивного набора, в котором задействованы как дистанционные технологии, так и коммуникативные, с тенденцией к расширению зоны покрытия.

Повышение рейтинга университета – длительный, жизненно важный для университета проект. Реализация проекта по повышению рейтинга потребует реализации комплекса дополнительных, кроме обозначенных выше, проектов по организации учебного процесса, качественного улучшения его содержания, бытового и сервисного обеспечения учащихся.

Литература

1. Дмитриев Н.М. Об экспорте образовательных услуг. [электронный ресурс] // Электронный портал Минобрнауки РФ – [Москва]: Российское образование для иностранных граждан, 2009.
2. Зверев Н.И., Пелихов Н.В. Программно-целевые ориентиры развития экспорта образовательных услуг России. // Международная деятельность вузов контексте Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020года / учебно-аналитические материалы / Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2012. с. 11-22.
3. Пелихов Н.В. Институциональное развитие инфраструктуры экспорта образовательных и научных услуг России // Международное партнерство институциональное взаимодействие в области качества образования, продвижения мобильности и признания. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2004, с. 57-67.
4. Пелихов Н.В., Родионова А.В. Целевые ориентиры развития университетов // Ростов н/Д: изд-во «Наука-Спектр», 2009.

Опыт разработки и использования программных комплексов в курсе «Теория механизмов и машин»

к.т.н. доц. Балабина Т.А., к.т.н. доц. Кореновский В.В., к.т.н. проф. Мамаев А.Н.
Университет машиностроения «МАМИ»
vkorenovskii@mail.ru

Аннотация. Разработанные на кафедре ТММ программные комплексы предназначены для обучения студентов аналитическим методам анализа и решения задач курсового проекта. Такими задачами являются задачи кинематического анализа механизмов, задачи силового расчета и задачи динамического исследования механизмов. Отличительной особенностью примененных аналитических методов анализа являлось то, что методы анализа были ориентированы не на типы механизмов, а на группы Ассур, в которых легко получить точные аналитические решения. Широко использовалась графическая визуализация полученных решений, что позволяло сравнивать эти решения задач ТММ, с решениями, полученными традиционными методами. На кафедре также широко используется методика проверки всех исходных данных в заданиях для курсового проектирования с использованием созданного программного комплекса, т.к. только таким образом можно легко и быстро исправить допущенную ошибку.

Ключевые слова: плоские рычажные механизмы, группы Ассур, кинематические пары, задачи кинематики, силовой расчет, динамическое исследование механизмов, проворачиваемость механизмов при повышенных нагрузках, корректный выбор исходных параметров механизмов в заданиях по курсовому проектированию

Программные комплексы разработаны на кафедре ТММ и состоят из двух библиотечных модулей. Первый модуль Diada состоит из процедур анализа кинематики по всем пяти типам двухповодковых групп Ассур [1, 2]. Здесь по известным положению, аналогу скоро-

сти и аналогу ускорения начального звена механизма определяются положение, аналоги скоростей и аналоги ускорений для группы Ассура, соединенной с начальным звеном механизма и стойкой.

Ниже приведен фрагмент описания комплекса и его алгоритм решения задач кинематики для групп Ассура второго и третьего вида.

1.3 Группа Ассура третьего вида (2ПГЗВ)

1.3.1 Положения звеньев

Положения звеньев данной группы можно определить, воспользовавшись данными рисунка 1. Длину активной части кулисы l_3 определим из выражения:

$$l_3 = \sqrt{(A_x - C_x)^2 + (A_y - C_y)^2 - l_2^2}, \quad (1)$$

где координаты точек A , C и длина второго звена l_2 известны.

Угол наклона кулисы φ_3 определим из выражения:

$$\varphi_3 = \arctan\left(\frac{A_y - C_y}{A_x - C_x}\right) - \arctan\left(\frac{l_2}{l_3}\right). \quad (2)$$

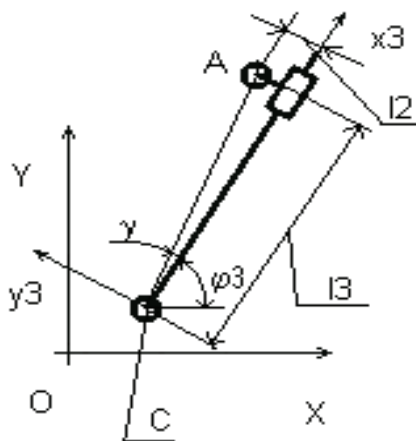


Рисунок 1. Расчетная схема группы Ассура 3-го вида

1.3.2 Аналоги скоростей

Запишем проекции векторных уравнений замкнутых контуров на оси координат X, Y в следующем виде:

$$\begin{aligned} l_3 \cos \varphi_3 - l_2 \sin \varphi_3 &= A_x - C_x \\ l_3 \sin \varphi_3 + l_2 \cos \varphi_3 &= A_y - C_y \end{aligned} \quad (3)$$

Продифференцировав (3) по φ_1 , получим, после небольших преобразований, систему уравнений:

$$\begin{aligned} a_{11}V_3 + a_{12}\omega_3 &= b_1 \\ a_{21}V_3 + a_{22}\omega_3 &= b_2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{где: } \begin{aligned} a_{11} &= \cos \varphi_3 & a_{12} &= -(l_3 \sin \varphi_3 + l_2 \cos \varphi_3) & b_1 &= Va_x - Vc_x \\ a_{21} &= \sin \varphi_3 & a_{22} &= l_3 \cos \varphi_3 - l_2 \sin \varphi_3 & b_2 &= Va_y - Vc_y \end{aligned} \quad (5)$$

Следовательно, можно легко получить значения аналогов скоростей V_3 и ω_3 :

$$V_3 = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}} \quad \omega_3 = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}. \quad (6)$$

1.3.3 Аналоги ускорений

Продифференцировав дважды (3) по φ_1 и решив полученную систему уравнений, имеем:

$$A_3 = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}} \quad \varepsilon_3 = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad (7)$$

где: $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ определяются из (5), а b_1, b_2 - по следующим выражениям:

$$b_1 = Aa_x - Ac_x + 2V_3\omega_3 a_{21} + a_{22}\omega_3^2$$

$$b_2 = Aa_y - Ac_y - 2V_3\omega_3 a_{11} - a_{12}\omega_3^2.$$

1.2 Группа Ассура второго вида (2ПГ2В)

1.2.1 Положения звеньев

Схема данной группы Ассура, координатная система и обозначения кинематических пар и звеньев представлены на рисунке 2.

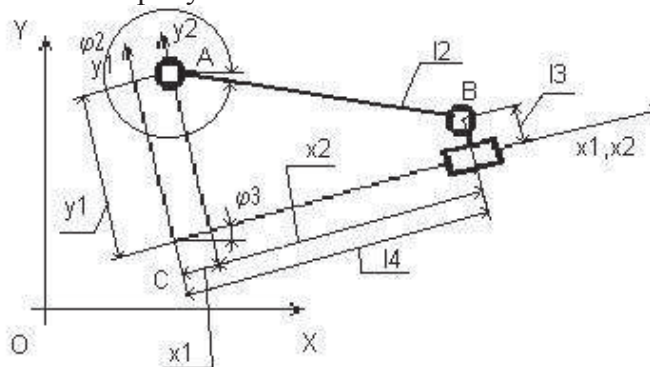


Рисунок 2. Группа Ассура 2-го вида

Вычислим координаты точки А в локальной системе координат X_1CY_1 :

$$\begin{aligned} C_x + A_{x_1} \cos \varphi_3 - A_{y_1} \sin \varphi_3 &= A_x \\ C_y + A_{x_1} \sin \varphi_3 + A_{y_1} \cos \varphi_3 &= A_y. \end{aligned} \quad (8)$$

В выражении (8) нам известны абсолютные координаты точек А, С, а также угол наклона направляющей для поступательной пары группы - φ_3 . К числу неизвестных, подлежащих определению, относятся координаты точки А в локальной системе координат X_1CY_1 . Перенеся C_x и C_y в правую часть, получим линейную систему двух уравнений, решение которой представим в виде:

$$A_{x_1} = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & -\sin \varphi_3 \\ b_2 & \cos \varphi_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 & \cos \varphi_3 \end{vmatrix}} \quad A_{y_1} = \frac{\begin{vmatrix} \cos \varphi_3 & b_1 \\ \sin \varphi_3 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} \cos \varphi_3 & -\sin \varphi_3 \\ \sin \varphi_3 & \cos \varphi_3 \end{vmatrix}}. \quad (9)$$

Здесь: $b_1 = A_x - C_x$ и $b_2 = A_y - C_y$. Так как определители знаменателей в (9) равны 1, то значения неизвестных равны значениям определителей, расположенных в числителях:

$$A_{x_1} = b_1 \cos \varphi_3 + b_2 \sin \varphi_3, \quad A_{y_1} = b_2 \cos \varphi_3 - b_1 \sin \varphi_3.$$

Далее определяем x_2 – проекцию звена 2 на направляющую $x_2 = \sqrt{l_2^2 - (A_{y_1} - l_3)^2}$, а затем и длину направляющей $CB \ l_4 = A_{x_1} + x_2$.

Абсолютные координаты точки В и угол наклона звена l_2 определяем по следующим выражениям:

$$\begin{aligned} B_x &= C_x + l_4 \cos \varphi_3 - l_3 \sin \varphi_3, \\ B_y &= C_y + l_4 \sin \varphi_3 + l_3 \cos \varphi_3, \end{aligned} \quad \varphi_2 = \arctan \left(\frac{B_y - A_y}{B_x - A_x} \right). \quad (10)$$

1.2.2 Аналогии скоростей

Для определения аналогов скоростей напишем проекции замкнутых векторных контуров на координатные оси X и Y:

$$\begin{aligned} l_2 \cos \varphi_2 - l_4 \cos \varphi_3 &= C_x - A_x - l_3 \sin \varphi_3, \\ l_2 \sin \varphi_2 - l_4 \sin \varphi_3 &= C_y - A_y + l_3 \cos \varphi_3. \end{aligned} \quad (11)$$

Произведя дифференцирование данной системы уравнений по φ_1 и простейшие преобразования, получим линейную систему уравнений, в которой неизвестными являются ω_2 и V_4 :

$$\begin{aligned} -\omega_2 l_2 \sin \varphi_2 - V_4 \cos \varphi_3 &= Vc_x - Va_x - \omega_3 (l_3 \cos \varphi_3 + l_4 \sin \varphi_3), \\ \omega_2 l_2 \cos \varphi_2 - V_4 \sin \varphi_3 &= Vc_y - Va_y - \omega_3 (l_3 \sin \varphi_3 - l_4 \cos \varphi_3). \end{aligned} \quad (12)$$

Решение данной системы уравнений получим в виде:

$$\omega_2 = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad V_4 = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{где: } a_{11} &= -l_2 \sin \varphi_2, \quad a_{12} = -\cos \varphi_3, \quad b_1 = Vc_x - Va_x + \omega_3 (l_4 a_{22} + l_3 a_{12}), \\ a_{21} &= l_2 \cos \varphi_2, \quad a_{22} = -\sin \varphi_3, \quad b_2 = Vc_y - Va_y - \omega_3 (l_4 a_{12} - l_3 a_{22}). \end{aligned} \quad (14)$$

1.2.3 Аналогии ускорений

Дважды продифференцировав (11) и проведя небольшие преобразования, получим значения аналогов ускорений ε_2 и A_4 :

$$\varepsilon_2 = \frac{\begin{vmatrix} b_1 & a_{12} \\ b_2 & a_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad A_4 = \frac{\begin{vmatrix} a_{11} & b_1 \\ a_{21} & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}}, \quad (15)$$

где: $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ определяются из (14), а b_1, b_2 вычислим следующим образом:

$$\begin{aligned} b_1 &= Ac_x - Aa_x - \omega_3^2 (l_4 \cos \varphi_3 - l_3 \sin \varphi_3) + \omega_2^2 l_2 \cos \varphi_2 - 2V_4 \omega_3 \sin \varphi_3 - \varepsilon_3 (l_4 \sin \varphi_3 + l_3 \cos \varphi_3), \\ b_2 &= Ac_y - Aa_y - \omega_3^2 (l_4 \sin \varphi_3 + l_3 \cos \varphi_3) + \omega_2^2 l_2 \sin \varphi_2 + 2V_4 \omega_3 \cos \varphi_3 + \varepsilon_3 (l_4 \cos \varphi_3 - l_3 \sin \varphi_3). \end{aligned} \quad (16)$$

Далее рассматривают группу Ассура, присоединенную к промежуточному механизму и стойке, и определяют положение звеньев, аналоги скоростей и аналоги ускорений. Организовав циклическое движение кривошипа – начального звена, можно затем обращаться к соответствующим процедурам для определения значений всех кинематических характеристик данного механизма. Имеется возможность не только сохранять полученные кинематические характеристики, но и получать необходимые графические зависимости, которые нагляднее показывают все кинематические характеристики и их изменения за цикл установившегося движения механизма.

Рассмотрим в качестве примера способ обращения к вычислительным процедурам данного модуля.

При расчете кинематических характеристик выбранного механизма циклически устанавливаем новое положение кривошипа, обращаемся к процедуре [2], вычисляющей кинема-

тические характеристики группы Ассура третьего вида, а затем обращаемся к процедуре, вычисляющей кинематику группы Ассура второго вида:

$diada3v(bx,by,vbx,vby,abx,aby,ex,ey,0,0,0,0,fi3,om3,epsi3,leb,v3,a3)$,

здесь: bx, by – координаты точки b ;

vbx, vby, abx, aby – проекции аналогов скоростей и ускорений точки b ;

ex, ey – координаты точки e ;

аналоги скоростей и ускорений точки c равны 0, т.к. точка неподвижна.

Последние шесть параметров являются выходными, т.е. являются результатами работы процедуры:

φ_3 – угол наклона кулисы (звена 3);

ω_3 – аналог угловой скорости;

ε_3 – аналог углового ускорения;

L_{eb} – расчетная длина кулисы;

v_3 – аналог относительной скорости шатуна (звена 2) по кулисе;

a_3 – аналог относительного ускорения шатуна.

Вычисляем координаты, аналоги скорости и ускорения точки C , а также координаты точки E . Учитывая, что проекции аналогов скоростей и ускорений неподвижной точки равны 0, а также значение угла наклона направляющей, аналоги угловой скорости и ускорения равны 0 (направляющая ползуна неподвижна). Последние шесть параметров являются выходными. Здесь $l4, fi4, om4, epsi4, l5, v5, a5$ соответственно являются длинами звена 4 и 5, углом наклона, аналогами угловой скорости и ускорения звена 4, а также $l5, v5, a5$ – положением, аналогами скорости и ускорения звена 5 (ползуна). Следовательно, обращение к группе Ассура 2-го вида выглядит следующим образом:

$diada2v(cx,cy,vcx,vcy,acx,acy,ax,ay,0,0,0,0,0,0,l4,fi4,om4,epsi4,l5,v5,a5)$.

Таким образом, определяем все кинематические характеристики всего механизма, т.е. положения, аналоги скорости и ускорения всех звеньев механизма в зависимости от положения, аналогов скорости и ускорения начального звена.

При силовом расчете механизмов использовался программный модуль KNTST [3]. В этом модуле размещены пять процедур силового расчета механизмов по группам Ассура. Организация расчетов аналогична организации расчетов при использовании модуля Diada. В каждой группе Ассура определяются все неизвестные. Так как расчеты проводились только аналитическим методом, то определение главного вектора сил вычислялось по уравнениям в проекциях на оси координат. Затем по известным формулам вычислялась величина вектора и его направление. Величины сил инерции и моменты сил инерции вычисляются предварительно, используя кинематический модуль Diada.

На рисунке 3 показаны результаты расчета как кинематики, так кинетостатики (правая таблица на рисунке). Методика силового расчета [3] практически ничем не отличается от расчета кинематики. Подключается соответствующий библиотечный модуль с процедурами для силового расчета. После определения соответствующего положения начального звена идет обращение сначала к процедуре Diada2f, которая производит силовой расчет в группе Ассура второго вида, а затем обращаемся к процедуре Diada3f для силового расчета в группе Ассура третьего вида.

$Diada2f(lcd,fi4,Lcs4,0,0,0,G4,Fin4,alfaFin4,0,0,0,Min4,$
 $0,fi5,0,0,0,G5,Fin5,alfaFin5,Fc,alfaFc,0,0,$
 $F43,alfaF43,F45,alfaF45,F50,alfaF50,hx5).$

В этом обращении к процедуре Diada2f последние 7 параметров являются возвращаемыми. Они показывают значения и направления усилий в кинематических парах, а также величину плеча $hx5$ – расстояние от начала локальной системы координат до линии действия силы в поступательной кинематической паре.

$Diada3f(0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,$
 $L3,fi3,Lcs3,0,Lec,0,G3,Fin3,alfaFin3,F34,alfaF34,0,Min3,$
 $F30,alfaF30,F32,alfaF32,hx2,F21,alfaF21).$

В процедуре Diada3f последние 7 параметров возвращают в программу значение и направление усилий в кинематических парах, а также величину плеча $hx2$. Расшифровку обозначений входных параметров см. в [3].

Определение $F_{ур}$ и F_{10} производится процедурой

$Kntst.InitLink(Lab, fi1, F12, alfaF12, Fur, alfaFur, F10, alfaF10)$;

Здесь возвращаемые параметры $Fur, alfaFur, F10, alfaF10$ – величина и направление силы $F_{ур}$, F_{10} – опорная реакция начального звена от стойки, $alfaF10$ – угол наклона данной силы. Вычисление уравнивающей силы методом рычага Жуковского проводилось с помощью процедуры RG. Определялась сила $F_{ур1}$. Сравнение значений Fur и $F_{ур1}$ показало полное их совпадение в заданном формате вывода.

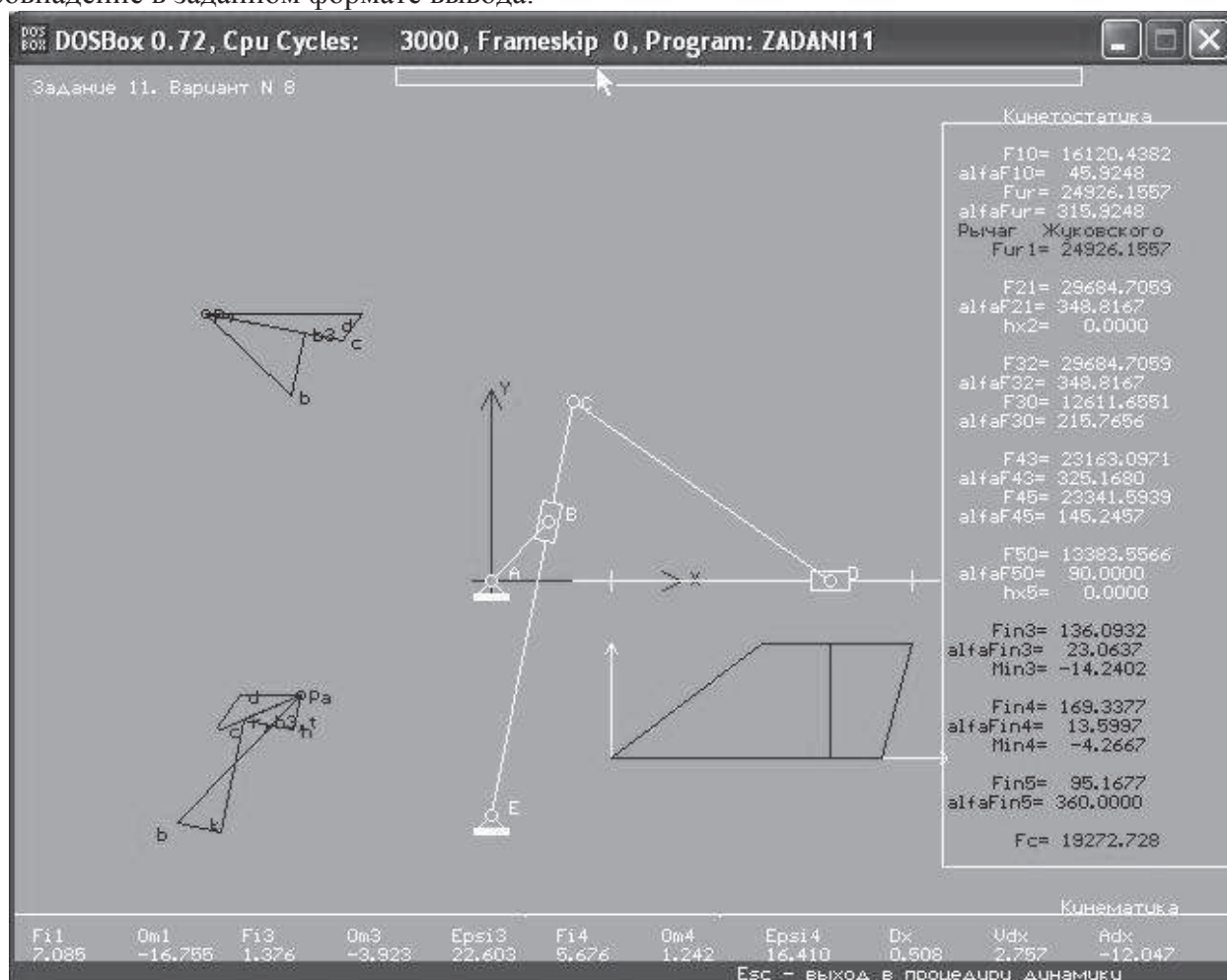


Рисунок 3. Кинематика и силовой расчет механизма

Рисунок 4 представляет результаты динамического анализа механизма. Этот анализ проводился при помощи библиотечного модуля для кинематического анализа Diada. При помощи встроенных в модуль процедур, определялись абсолютные скорости центров масс весомых звеньев значения кинетических энергий по звеньям и суммарная кинетическая энергия T_s . На втором графике снизу показаны значения суммарного приведенного момента сил M , на третьем графике – суммарная работа A и на верхнем графике показан график изменения текущих значений угловой скорости звена приведения в зависимости от номинальной угловой скорости вращения кривошипа. При перемещении указателя меняются все значения расчетных параметров динамического анализа в соответствии с конфигурацией механизма для данной позиции [4]. В материалах по динамическому исследованию механизма представлены также два варианта решения задач динамики: использование уравнения движения машинного агрегата (уравнение в конечном (интегральном) виде) и использование дифференциального уравнения движения. В последнем случае дифференциальное уравнение преобразовывалось в дифференциальное уравнение, где производные брались по обобщенной

Серия 7. Теоретические и прикладные аспекты высшего профессионального образования
координате. Сравнивая эти два способа решения, можно сделать вывод, что результаты этих двух решений практически не отличались по своим значениям.

Появилась также возможность находить правильные значения исходных данных, если возникала ошибка в расчетах и программы прерывали свою работу из-за ошибки в исходных данных. Так, если в результате расчета динамики механизма происходит аварийный выход из программы, значит, из-за неверных исходных данных в программе обнаруживается ошибка, которую необходимо исправить. При анализе формул динамики может быть ситуация, когда происходит извлечение квадратного корня из отрицательного числа.

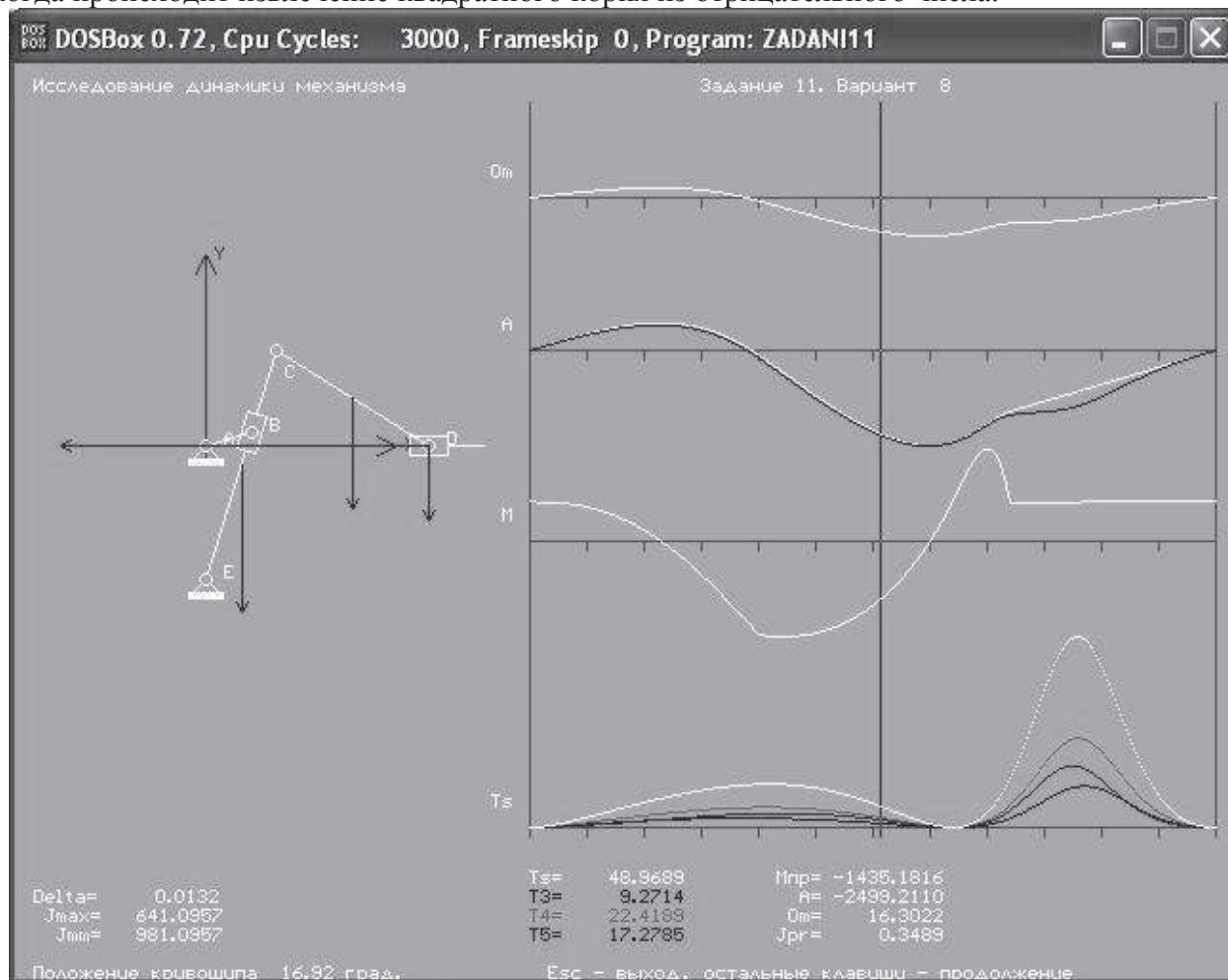


Рисунок 4. Динамика механизма

Например, если мы используем формулу для определения текущего значения угловой скорости звена привода

$$\omega_i = \sqrt{\frac{2 \cdot (T_0 + \sum A_i)}{J_{pr} + J_{zvcost}}},$$

где: T_0 - кинетическая энергия механизма в начале или в конце цикла движения;

$\sum A_i$ - работа всех сил, действующих в i -ый момент цикла;

J_{pr} - изменяемая часть момента инерции звена привода;

J_{zvcost} - постоянная часть момента инерции звена привода.

Следовательно, если в этой формуле выражение в скобках будет всегда положительным, то движение механизма будет осуществляться всегда, в противном случае будет аварийный выход из программы. В этом случае необходимо исправить исходные данные механизма. Так как кинетическая энергия механизма всегда положительна, а суммарная работа всех сил в механизме может быть отрицательной, то необходимо повышать значение кинетической энергии.

тической энергии механизма. Очевидно, что скорость в формуле кинетической представлена в квадрате, а масса (момент инерции) в первой степени, поэтому предпочтительнее увеличивать значение кинетической энергии увеличением скорости звена приведения.

При таком методе решения задач ТММ у студентов появляется возможность вариации параметров механизма, чтобы прояснить их влияние и выбрать наиболее оптимальные значения. Такое свойство программного комплекса позволяет более подробно изучить механизм и его характеристики, научиться синтезировать механизм путем анализа и быстрого решения дополнительных вариантов.

Литература

1. Мамаев А.Н., Балабина Т.А. Теория механизмов и машин М. Изд-во «Экзамен» 2008 г. 253 с.
2. Мамаев А.Н., Кореновский В.В. Компьютерное моделирование и анализ кинематики плоских рычажных механизмов М. Изд-во МГТУ «МАМИ» 2002 г.
3. Мамаев А.Н., Кореновский В.В. Компьютерное моделирование задач кинестатики плоских рычажных механизмов М. Изд-во МГТУ «МАМИ» 2002 г.
4. Мамаев А.Н., Кореновский В.В. Компьютерные методы анализа динамики плоских рычажных механизмов М. Изд-во МГТУ «МАМИ» 2006 г.
5. Дмитриева Л.Н., Вуколова Г.С. Кинематический и силовой расчет механизма. М. Изд-во МГТУ «МАМИ» 2007 г.
6. Вуколова Г.С., Дмитриева Л.Н. Динамическое исследование механизма. М. Изд-во МГТУ «МАМИ» 2007г.

Кадровый резерв компании: потенциал вузов и HR-менеджмент (на примере железорудных предприятий КМА)

Ермолаев Д.В.

Губкинский институт (филиал Университета машиностроения)

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы формирования кадрового резерва на горнодобывающих предприятиях Белгородской области, а также расширения участия специализированных вузов в формировании кадрового резерва на горнодобывающих предприятиях Курской магнитной аномалии (КМА).

Ключевые слова: кадровый резерв, кадровый потенциал, горнорудные предприятия, профильные вузы, кадровый менеджмент.

Потребность в расширении взаимодействия профильных вузов и предприятий на данном направлении кадрового менеджмента ощущается довольно остро. Кроме того, эта выгода взаимная: предприятие получает со стороны вуза технологии и методики профессионального отбора, вуз – дополнительные финансовые источники от предприятий.

Одним из направлений оптимизации управления трудовым потенциалом горнорудной компании является оптимальная по численности, профессионально-квалификационная структура работников. В этом плане существенную роль может сыграть эффективно сформированный кадровый резерв на предприятиях черной металлургии.

Проблемы взаимодействия вузов и предприятий по формированию кадрового резерва горнорудных предприятий до настоящего времени фактически не получили ни теоретического осмысления, ни практической реализации. В проведенном исследовании впервые проведен анализ механизмов формирования кадрового резерва на предприятиях черной металлургии Белгородской области, выявлены проблемы при его проведении, предложены механизмы его оптимизации.

Анализ документации кадровых служб горно-обогатительных комбинатов Белгородской области за 2007-2012 гг. позволил определить те должности, по которым происходило наиболее активное выбытие работников (таблица 1).