

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ШМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 4 (2016)

Павлодар

МАЗМҰНЫ**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВОо постановке на учет средства массовой информации
№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан**Бас редакторы – главный редактор**

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Боровиков Ю. С., *к.т.н., профессор (Россия)*
 Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
 Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*
 Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Захаров И. В., *д.т.н., профессор*
 Клещель М. Я., *д.т.н., профессор*
 Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
 Тастенов А. Д., *к.т.н., доцент*
 Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*
 Нургожина Б. В. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

Аринов Е., Карипбаев С. Ж., Сартаев К. З., Сартаева Г. Ш., Испулов Н. А. Бірсекциялық жазық-рычақты механизм кинематикасын компьютерлік өндеу	11
Аринов Е., Карипбаев С. Ж., Сартаев К. З., Касымова Г. Т., Испулов Н. А. Кинематика Брикарды тектес бірсекциялық кеңістік механизмі	21
Ахметбаев Д. С., Қожабаев Е. ГКП «Астана Су Арнасы» насос станциясының энергетикалық әсерін көтеру туралы	32
Байниязов Б., Туркебаева З. Т. Жерге қосарланған тұйықталу кезіндегі желілердің нөмірін және сәтсіз АҚҚ-ды анықтау	41
Бороденко В. А. Стандартты емес сипаттамаларын MATLAB-та құру	47
Горчаков А. В., Вишенкова И. А., Волков И. А. «Конденсатордың зарядтау және разрядтау үрдісін зерттеу» зертханалық жұмысты орындау үшін аппаратты	52
Жапаргазинова К. Х., Ахметкалиева Р. А. Өнеркәсіптердегі ағымды судың сипаттамасы мен тазарту әдістері	76
Жапаргазинова К. Х., Егіспай Ж. Қыздырылған кокстің сапасына кальцинирлеудің температуралық режимі мен кокстау шикі зат құрамының әсері	84
Жумабеков А. Н., Жапаргазинова К. Х. «Компания Нефтехим LTD» ЖШС-нда пропиленді полимеризациялау реакторларының өнімділігін арттыру	94
Ивель В. П., Петров П. А. Көптонналық объектілерін бұрылу басқару кешені жүйесін Arduino Uno тұғырнамасы базасында Simulink-модельдер әзірлеу	108
Новожилов А. Н., Юсупова А. О., Новожилов Т. А. Электр машиналары ротор эксцентритетін анықтау әдісін таңдау	117
Новожилов А. Н., Потапенко А. О., Новожилов Т. А. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғатқыштын жүгіру режиміндегі стартор орамында ЭҚК-ны моделдеу	126
Оразбекова А. К. Қазақстан аймақтарына түсетін күн сәулесі потенциалын талдау және оны агроөнеркәсіптік кешенінде қолдану	133
Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М., Мустафина Д. Б. Жаңғыртылатын энергия көздері базасындағы автономды жүйелердегі электрмен жабдықтаудың нұсқаларын техникалық-экономикалық салыстыру	141

СОДЕРЖАНИЕ

Аринов Е., Карипбаев С. Ж., Сартаев К. З., Сартаева Г. Ш., Испулов Н. А.
Компьютерное моделирование кинематики односекционного плоско-рычажного механизма 11

Аринов Е., Карипбаев С. Ж., Сартаев К. З., Касымова Г. Т., Испулов Н. А.
Кинематика односекционного пространственного механизма типа Брикарда 21

Ахметбаев Д. С., Кожабаяев Е.
О повышении энергоэффективности насосной станции ГКП «Астана Су Арнасы» 32

Байниязов Б., Туркебаева З.
Распознавание не успешных АПВ и номеров линий при двойных замыканиях на землю 41

Бороденко В. А.
Построение нестандартных характеристик в MATLAB 47

Горчаков Л. В., Вишенкова И. А., Волков И. А.
Прибор для выполнения лабораторной работы «Изучение процессов зарядки и разрядки конденсатора» 52

Жапаргазинова К. Х., Ахметкалиева Р. А.
Характеристика и методы очистки оборотной воды на предприятиях 76

Жапаргазинова К., Егиспай Ж.
Влияние состава сырья коксования и температурного режима кальцинации на качество прокаленного кокса 84

Жумабеков А. Н., Жапаргазинова К. Х.
Увеличение производительности реакторов полимеризации пропилена в ТОО «Компания нефтехим LTD» 94

Ивель В. П., Петров П. А.
Разработка Simulink-модели системы управления комплексом поворота многотонных объектов на базе платформы Arduino Uno 108

Новожилов А. Н., Юсупова А. О., Новожилов Т. А.
Выбор метода выявления эксцентриситета ротора электрической машины 117

Новожилов А. Н., Потапенко А. О., Новожилов Т. А.
Моделирование ЭДС обмотки статора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в режиме выбега 126

Оразбекова А. К.
Анализ потенциала солнечной энергии в регионах Казахстана и применения его в АПК 133

Сарсикеев Е. Ж., Мустафина Р. М., Мустафина Д. Б.
Технико-экономическое сравнение вариантов электроснабжения в автономных системах на базе возобновляемых источников энергии 141

Сергеев Я.
О применении математических моделей в моделировании процесса каталитического крекинга 150

Сергеев Я., Сейтенова Г. Ж.
Математическое моделирование химико-технологических процессов нефтехимических производств 155

Хабдуллин А. Б., Хабдуллина З. К., Хабдуллина Г. А., Хабдуллин А. Б.
Расчет параметров синхронного двигателя с массивным ротором 161

Хабдуллин А. Б., Хабдуллина З. К., Хабдуллина Г. А., Хабдуллин А. Б.
Совершенствование методики определения норм расхода и потерь электрической энергии 172

Хабдуллин А. Б., Хабдуллина З. К., Хабдуллина Г. А., Хабдуллин А. Б.
Современный подход определения норм расхода электропотребления 179

Хабдуллин А. Б., Хабдуллина З. К., Хабдуллина Г. А., Хабдуллин А. Б.
Разработка программы «Расчет параметров двигателя с короткозамкнутым ротором» 185

Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б.
Анализ высших гармонических в сетях переменного тока 193

Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б.
Влияние сетевых токовых гармоник на работу электрооборудования 201

Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б.
Влияние нелинейных нагрузок, генерирующих гармоники в среде тока и напряжения 209

Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б., Файзулла Д. Ф., Айтжанов С. Е.
Оценка ветроэнергетического потенциала южных регионов Республики Казахстан 216

Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Тюлюгенова Л. Б., Файзулла Д. Ф., Айтжанов С. Е.
Внедрение проектных решений в сфере использования возобновляемых источников энергии в ПГУ им. С. Торайгырова 225

Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П.
Анализ систем питания высокочастотных светодиодных осветительных устройств 235

Khabdullin A. B., Khabdullina Z. K., Khabdullina G. A., Khabdullin A. B.	
Calculation of the synchronous motor parameters with a solid rotor	161
Khabdullin A. B., Khabdullina Z. K., Khabdullina G. A., Khabdullin A. B.	
Improvement of methods for determining the norms of consumption and losses of electricity	172
Khabdullin A. B., Khabdullina Z. K., Khabdullina G. A., Khabdullin A. B.	
Modern approach to determining the normal flow of power consumption	179
Khabdullin A. B., Khabdullina Z.K., Khabdullina G. A., Khabdullin A. B.	
Development of the program «Calculation of motor parameters with squirrel cage»	185
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Tyulyugenova L. B.	
Analysis of the higher harmonic components in the AC networks	193
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Tyulyugenova L. B.	
Influence of the network current harmonic components on the electrical operation	201
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Tyulyugenova L. B.	
Influence of non-linear loads, generating current and voltage harmonics	209
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Tyulyugenova L. B., Faizulla D. F., Aitzhanov S. E.	
Estimation of wind power potential of the Southern regions of the Republic of Kazakhstan	216
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P., Tyulyugenova L. B., Faizulla D. F., Aitzhanov S. E.	
Implementation of the projects in the area of renewable energy sources in S. Toraighyrov PSU	225
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Kislov A. P., Markovsky V. P.	
Analysis of power supply systems of high frequency LED lightning devices ...	235
Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Markovsky V. P., Akimzhanov T. B., Narynbayev D. S., Issabayeva S. A.	
Microprocessor protection systems for emergency modes of distribution networks	241
Rules for authors	252

УДК 531.8

Е. Аринов¹, С. Ж. Карипбаев², К. З. Сартаев³, Г. Ш. Сартаева³, Н. А. Испулов⁴

¹Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган; ²АО «Академия гражданской авиации», г. Алматы; ³Екибастузский инженерно-технический институт имени К. И. Сатпаева, г. Екибастуз; ⁴Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ОДНОСЕКЦИОННОГО ПЛОСКО-РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА

В работе исследуется кинематика плоско-рычажного механизма. С применением методов и способов структурного анализа выявлена формула строения механизма. Методом графа составлены уравнения движения кинематики, графическим и численным методами определены траектории, скорости точек и угловые скорости звеньев механизма для любого момента времени.

Ключевые слова: плоско-рычажный механизм, кинематика.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. На основе теорем и принципов теоретической механики, теории механизмов и машин решаются многие инженерные задачи, и осуществляется проектирование новых машин, конструкций и сооружений.

Плоские рычажные механизмы, которые благодаря своим структурным особенностям обладают широкими кинематическими возможностями. В работе [1] исследуется кинематика, а аналитические методы анализа положений, скоростей и ускорений плоских рычажных механизмов, представляющие собой многоконтурные кинематические цепи со многими степенями свободы представлены в работе [2]. В данной работе исследуется кинематика плоско-рычажного механизма III класса с многофункциональной возможностью. Изучая это, мы приобретаем не только новое устройство, но и создаем алгоритм исследования для любого другого механизма. Анализируя кинематику, узнаем быстроту действия и положение приспособления. Удобство применения ЭВМ в задачах в том, что можно составить общую программу для решения многих аналогичных задач.

Цель расчета. Компьютерное моделирование, аналитическое и численное исследование, а также анализ кинематики плоско-рычажного механизма с одной степенью свободы и шарнирным, поступательным соединением звеньев.

Исходные данные: Задано вращение звена OA (рисунок 1) с постоянной угловой скоростью $\omega_{1z} = \pi/(2\tau)$, где τ – время оборота этого звена. Колесо 6 движется по горизонтальной прямой без скольжения и к центру его C шарнирно прикреплен шатун LC.

- $\tau = 0.24$ с; $\omega_{1z} = 6.54$ с⁻¹; $\Delta t = 0.016$ с;
 - $R_1 = 0.21$ м; $R_2 = 1.21$ м; $R_3 = BD = 0.91$ м; $R_{3'} = BE = 2ED = 0.81$ м;
 - $R_{3''} = ED = 0.405$ м;
 - $R_4 = 0.71$ м; $R_5 = 0.35$ м; $R_6 = 1.2R_1 = 0.25$ м; $R_7 = 1.01$ м;
 - $\varphi_1(0) = 0$ рад; $\varphi_2(0) = 2.47$ рад; $\varphi_3(0) = 0.92$ рад; $\varphi_{3'}(0) = 5.7$ рад;
 - $\varphi_4(0) = 0.46$ рад; $\varphi_{4'}(0) = 3.6$ рад; $\varphi_5(0) = 5.62$ рад; $\varphi_7(0) = 0.56$ рад. (1)
- Здесь R_i – длины i-го звена ($i=1, \dots, 7$). Под длиной звена для колеса понимается его радиус R_6 ; $\varphi_i(0)$ – начальные углы поворота звеньев.

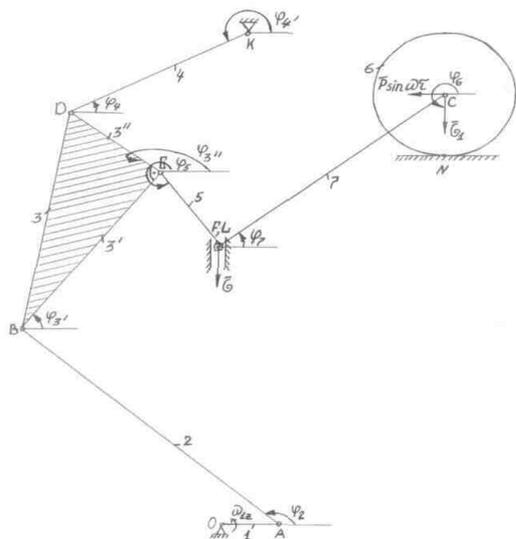


Рисунок 1 – Плоско-рычажной механизм с одной степенью свободы

Определение положений, скоростей точек и звеньев механизма. Составим уравнения движения плоско-рычажного механизма с одной степенью свободы, определяющие различные положения механизма в зависимости от времени, угловых скоростей звеньев и скоростей точек.

Звенья рассматриваемого механизма (рисунок 1) имеют такие движения: 1, 4 – вращательное; 5, 6 – поступательное; 2, 3, 7 – плоское.

По полученным размерам и по исходным данным, мы можем определить положения для любого момента времени и построить траекторию любой точки механизма (рисунок 2).

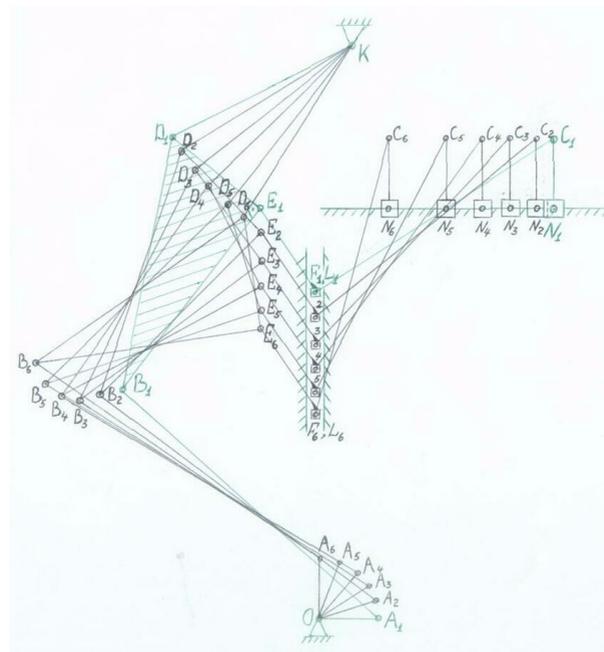


Рисунок 2 – План положений плоско-рычажного механизма

Определим теперь координаты всех точек механизма в местах соединения звеньев в соответствии с графом:

$$O \xrightarrow{\varphi_1} A \xrightarrow{\varphi_2} B \xrightarrow{\varphi_3} D \xrightarrow{\varphi_{3'}} E \xrightarrow{\varphi_5} F \xrightarrow{\varphi_7} C \xrightarrow{\varphi_6} N.$$

Стрелкой обозначены переход от точки, принимаемой за полюс, к точке, координаты которой вычисляется. Индекс над стрелкой соответствует номеру звена, а индекс под стрелкой – углу поворота в соответствии с номером звена.

Выражения для координат получаются последовательным, от звена к звену, применением формул кинематики ($x=R\cos\varphi$, $y=R\sin\varphi$).

Граф от О до N.

$$\begin{aligned} x_A &= R_1 \cos \varphi_1, y_A = R_1 \sin \varphi_1, \\ x_B &= R_1 \cos \varphi_1 + R_2 \cos \varphi_2, y_B = R_1 \sin \varphi_1 + R_2 \sin \varphi_2, \\ x_D &= R_1 \cos \varphi_1 + R_2 \cos \varphi_2 + R_3 \cos \varphi_3, y_D = R_1 \sin \varphi_1 + R_2 \sin \varphi_2 + R_3 \sin \varphi_3. \end{aligned} \quad (2)$$

Координаты точек E, F, C, N находим не учитывая точку D (опускается также звено 3 над стрелкой и угол φ_3 под стрелкой).

$$\begin{aligned} x_E &= R_1 \cos \varphi_1 + R_2 \cos \varphi_2 + R_{31} \cos \varphi_3, y_E = R_1 \sin \varphi_1 + R_2 \sin \varphi_2 + R_{31} \sin \varphi_3, \\ x_F &= R_1 \cos \varphi_1 + R_2 \cos \varphi_2 + R_{31} \cos \varphi_3 + R_5 \cos \varphi_5, \\ y_F &= R_1 \sin \varphi_1 + R_2 \sin \varphi_2 + R_{31} \sin \varphi_3 + R_5 \sin \varphi_5, \\ x_C &= R_1 \cos \varphi_1 + R_2 \cos \varphi_2 + R_{31} \cos \varphi_3 + R_5 \cos \varphi_5 + R_7 \cos \varphi_7, \\ y_C &= R_1 \sin \varphi_1 + R_2 \sin \varphi_2 + R_{31} \sin \varphi_3 + R_5 \sin \varphi_5 + R_7 \sin \varphi_7, \\ x_N &= R_1 \cos \varphi_1 + R_2 \cos \varphi_2 + R_{31} \cos \varphi_3 + R_5 \cos \varphi_5 + R_7 \cos \varphi_7, \\ y_N &= R_1 \sin \varphi_1 + R_2 \sin \varphi_2 + R_{31} \sin \varphi_3 + R_5 \sin \varphi_5 + R_7 \sin \varphi_7. \end{aligned} \quad (3)$$

В формуле, определяющей координату x_N последнее слагаемое равно нулю, а в y_N равно R_6 со знаком минус. Изменение $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7$ во времени определится уравнением:

$$\varphi_1' = \omega_{1z}, \varphi_2' = \omega_{2z}, \dots, \varphi_7' = \omega_{7z}. \quad (4)$$

Выражения для зависимости неизвестных угловых скоростей $\omega_{2z}, \omega_{3z}, \dots, \omega_{7z}$ от заданной скорости ω_{1z} получаются из уравнений внешних связей, налагаемых на систему. Чтобы составить эти уравнения, надо выразить через ω_{iz} ($i=1, \dots, 7$) скорости точек, в которых налагаются внешние связи, и приравнять их к нулю. Поэтому прежде чем определить положения механизма надо найти линейные и угловые скорости точек и звеньев механизма.

Из уравнений внешних связей находим:

$$\begin{aligned} \omega_{2z} &= \omega_{2z}(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7, \omega_{1z}); \\ \omega_{3z} &= \omega_{3z}(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7, \omega_{1z}, \omega_{2z}); \\ &\dots \dots \dots \\ \omega_{7z} &= \omega_{7z}(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7, \omega_{1z}, \omega_{2z}, \dots, \omega_{6z}). \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнение (5) позволит определить угловые скорости звеньев для фиксированного момента времени при заданных в этот момент значениях $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7$.

Уравнения (4), (5) образуют систему дифференциальных уравнений, интегрирование которой при заданных начальных значениях $\varphi_1(0), \varphi_2(0), \dots, \varphi_7(0)$ решает кинематическую задачу о движении плоско-рычажного механизма. Конечно-разностная схема Эйлера для этих уравнений приводит к следующим уравнениям, связывающим значения углов и угловых скоростей в начале и конце k-го шага интегрирования:

$$\varphi_1^{(k+1)} = \varphi_1^{(k)} + \omega_{1z}^{(k)} \Delta t, \dots, \varphi_7^{(k+1)} = \varphi_7^{(k)} + \omega_{7z}^{(k)} \Delta t. \quad (6)$$

Система из (4), (5) описывает движение механизма с одной степенью свободы в избыточном наборе семи переменных $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7$. Поэтому

начальные значения всех углов нельзя задавать произвольно, т.е. $\varphi_2(0), \varphi_3(0), \dots, \varphi_7(0)$ вычисляются предварительно для заданного $\varphi_1(0)$.

Выражения для зависимости четырех неизвестных угловых скоростей $\omega_{2z}, \omega_{3z}, \omega_{4z}, \omega_{7z}$ ($\omega_{5z}=0, \omega_{6z}=0$) от заданной скорости ω_{1z} получаются из уравнений четырех внешних связей, налагаемых на систему. Чтобы составить эти уравнения, надо выразить через ω_{1z} скорости точек, в которых налагаются внешние связи, и приравнять их нулю. При этом уравнения внешних связей, налагаемые на механизм:

$$v_O = 0, v_K = 0, v_{Ex} = v_{Fx} = 0, v_{Ny} = v_{Cy} = 0. \quad (7)$$

При вычислении последовательно находим скорости точек в соответствии с графами:

$$O \xrightarrow{1} A \xrightarrow{2} B \xrightarrow{3} E \xrightarrow{5} F \xrightarrow{7} C \xrightarrow{6} N \text{ и } K \xrightarrow{4} D \xrightarrow{3} E.$$

Выражения для скоростей получаются последовательным, от звена к звену, применением формул кинематики твердого тела ($v = \omega * R$):

Граф от О до N.

Получаем векторное уравнение:

$$v_N = \omega_1 * R_1 + \omega_2 * R_2 + \omega_3 * R_3 + \omega_5 * R_5 + \omega_7 * R_7 + \omega_6 * R_6. \quad (8)$$

Проецируем обе части этого векторного равенства на координатные оси:

$$\begin{cases} v_{Nx} = -\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 R_2 \sin \varphi_2 - \omega_3 R_3 \sin \varphi_3 - \omega_5 R_5 \sin \varphi_5 - \omega_7 R_7 \sin \varphi_7 - \omega_6 R_6 \sin \varphi_6, \\ v_{Ny} = \omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3 + \omega_5 R_5 \cos \varphi_5 + \omega_7 R_7 \cos \varphi_7 + \omega_6 R_6 \cos \varphi_6. \end{cases} \quad (9)$$

Аналогично:

$$v_C = \omega_1 * R_1 + \omega_2 * R_2 + \omega_3 * R_3 + \omega_5 * R_5 + \omega_7 * R_7, \quad (10)$$

$$\begin{cases} v_{Cx} = -\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 R_2 \sin \varphi_2 - \omega_3 R_3 \sin \varphi_3 - \omega_5 R_5 \sin \varphi_5 - \omega_7 R_7 \sin \varphi_7, \\ v_{Cy} = \omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3 + \omega_5 R_5 \cos \varphi_5 + \omega_7 R_7 \cos \varphi_7, \end{cases} \quad (11)$$

$$v_F = \omega_1 * R_1 + \omega_2 * R_2 + \omega_3 * R_3 + \omega_5 * R_5, \quad (12)$$

$$\begin{cases} v_{Fx} = -\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 R_2 \sin \varphi_2 - \omega_3 R_3 \sin \varphi_3 - \omega_5 R_5 \sin \varphi_5, \\ v_{Fy} = \omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3 + \omega_5 R_5 \cos \varphi_5, \end{cases} \quad (13)$$

$$v_E = \omega_1 * R_1 + \omega_2 * R_2 + \omega_3 * R_3, \quad (14)$$

$$\begin{cases} v_{Ex} = -\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 R_2 \sin \varphi_2 - \omega_3 R_3 \sin \varphi_3, \\ v_{Ey} = \omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3, \end{cases} \quad (15)$$

$$v_B = \omega_1 * R_1 + \omega_2 * R_2, \quad (16)$$

$$\begin{cases} v_{Bx} = -\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 R_2 \sin \varphi_2, \\ v_{By} = \omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2, \end{cases} \quad (17)$$

$$v_A = \omega_1 * R_1, \quad (18)$$

$$\begin{cases} v_{Ax} = -\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1, \\ v_{Ay} = \omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1, \end{cases} \quad (19)$$

1. Граф от К до Е.

$$v_E = \omega_A * R_A + \omega_3 * R_{3...}, \quad (20)$$

$$\begin{cases} v_{Ex} = -\omega_4 R_4 \sin \varphi_4 - \omega_3 R_3 \sin \varphi_3, \\ v_{Ey} = \omega_4 R_4 \cos \varphi_4 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3, \end{cases} \quad (21)$$

$$v_D = \omega_4 * R_4, \quad (22)$$

$$\begin{cases} v_{Dx} = -\omega_4 R_4 \sin \varphi_4, \\ v_{Dy} = \omega_4 R_4 \cos \varphi_4. \end{cases} \quad (23)$$

Решение уравнений. Решим полученную систему уравнений на ЭВМ на интервале времени полного оборота ведущего звена τ и построим графики изменения этих функций в зависимости от времени.

Учитывая, что $v_{Ex} = 0$ из первого уравнения (21) следует, что

$$\omega_4 = (-\omega_3 * R_3 \sin \varphi_3) / (R_4 \sin \varphi_4). \quad (24)$$

Подставляя (24) во второе уравнение системы (21), получим

$$v_{Ey} = ((-\omega_3 R_3 \sin \varphi_3) / (R_4 \sin \varphi_4)) R_4 \cos \varphi_4 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3. \quad (25)$$

Приравняв правую часть выражения (25) с вторым уравнением системы (15) и упростив полученное выражение, получим:

$$\omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 (R_3 \cos \varphi_3 + R_3 \sin \varphi_3 \operatorname{ctg} \varphi_4 - R_3 \cos \varphi_3) = 0 \quad (26)$$

Из первого уравнения системы (15) имеем

$$\omega_2 = -(\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 + \omega_3 R_3 \sin \varphi_3) / (R_2 \sin \varphi_2). \quad (27)$$

Подставив (27) в уравнение (26), выразим ω_3 :

$$\omega_3 = \omega_{1z} R_1 (\cos \varphi_1 - \sin \varphi_1 \operatorname{ctg} \varphi_2) / (R_3 \sin \varphi_3 \operatorname{ctg} \varphi_2 - (R_3 \cos \varphi_3 + R_3 \sin \varphi_3 \operatorname{ctg} \varphi_4 - R_3 \cos \varphi_3)) = 0. \quad (28)$$

С помощью найденных величин ($\omega_3, \omega_2, v_{Ey}, \omega_4$) вычислим:

$$v_D = \sqrt{(v_{Dx}^2 + v_{Dy}^2)}, v_A = \sqrt{(v_{Ax}^2 + v_{Ay}^2)}, v_B = \sqrt{(v_{Bx}^2 + v_{By}^2)}$$

$$v_E = v_{Ey} = |v_{Ey}| = |\omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3|$$

$$\omega_7 = -(\omega_{1z} R_1 \cos \varphi_1 + \omega_2 R_2 \cos \varphi_2 + \omega_3 R_3 \cos \varphi_3 + \omega_5 R_5 \cos \varphi_5) / R_7 \cos \varphi_7$$

$$v_C = v_{Cx} = |v_{Cx}| = |-\omega_{1z} R_1 \sin \varphi_1 - \omega_2 R_2 \sin \varphi_2 - \omega_3 R_3 \sin \varphi_3 - \omega_5 R_5 \sin \varphi_5 - \omega_7 R_7 \sin \varphi_7|$$

Теперь по известным величинам ($\omega_{2z}, \omega_{3z}, \dots, \omega_{7z}$) определим координаты точек и углы поворота механизма по (2), (3), (6).

По описанному алгоритму разработана программа на языке ПАСКАЛЬ [3] по определению координат, углов поворота, а также линейные и угловые скорости любой точки механизма для любого момента времени.

Координаты, скорости точек механизма, показанные на рисунке 3, соответствуют результатам, полученным численно.

Начальные значения $t, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ вводятся с помощью оператора VAR. Длины R_1, \dots, R_7 , шаг по времени Δt , а также угловая скорость вращения ω_{1z} звена OA вводятся как числовые константы.

Результаты численного расчета положений точек показаны в виде графиков на рисунке 3.

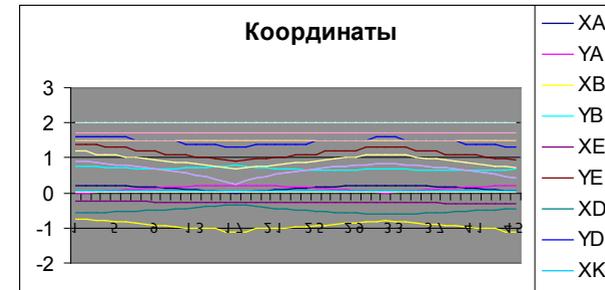


Рисунок 3 – Координаты точек плоско-рычажного механизма

Анализ положения и скоростей точек и звеньев механизма.

Графическим, численным методами определены положения механизма при известном значении угловой скорости ведущего звена. Движение этого звена происходит на первом квадранте, начиная движение с нулевого угла поворота, и полный цикл его движения завершится при возвращении к первоначальному положению. Рассматривается полтора цикла движения, т.е. за $t = \tau + \tau/2$ (с) времени, где $\tau = 0.24$ (с) – время полного оборота ведущего звена. Этот оборот разбит на 30 шагов со значением шага $\Delta \tau = 0.016$ (с). Графический изображено всего 6 положений механизма (рисунок 2). Этот метод позволил определить траектории точек соединения звеньев механизма, т.е. кинематических пар, а также углы поворотов звеньев, необходимые для численного исследования кинематических характеристик механизма для любого момента времени. Метод графа позволяет аналитически написать уравнения движения, определить линейные и угловые скорости точек и звеньев плоско-рычажного механизма через углы поворота звеньев. Зависимость между углами поворота и угловых скоростей определяется конечно-разностной схемой Эйлера.

5-ое и 6-ое звенья совершают поступательные движения. Угол поворота ведущего звена φ_1 за полуоборота меняется от 0 (рад) до $\pi/2$ (рад), а за полный оборот меняется до π (рад). Получены значения этого угла за полтора цикла движения в виде числовых данных и графиков. Угол поворота второго звена φ_2 за полуоборот все время возрастает от 2.5 (рад) до 2.7 (рад), наблюдается только уменьшение до 2.6 (рад) предпоследнем шаге по времени. Затем опять

увеличивается, т.е. происходит колебательный процесс. Остальным углам тоже характерен колебательный процесс.

Точки О и К неподвижны. Точка О нулевые координаты, т.е. начало координат находится в этой точке, а $X_K=0.063м, Y_K=2.0м$. Координаты точек Е, F, L по абсциссе, точки С, N по ординате постоянны и равны $X_E=-0.25м, X_F=XL=0.029м, Y_C=1.7м, Y_N=1.5м$. Абсолютное значение изменение координат точки А по оси XuY находится в пределах от нуля до 0.21 м. Предел абсолютного изменения координат остальных точек таковы:

$$1.1 \leq X_B \leq 0.74; 0.64 \leq Y_B \leq 0.78; 0.92 \leq Y_E \leq 1.4; \\ 0.61 \leq X_D \leq 0.34; 1.3 \leq Y_D \leq 1.6; 0.7 \leq Y_F \leq 1.2; 0.26 \leq X_C \leq 0.89; X_N = X_C$$

Координатам этих точек присуще колебательный процесс и их значения циклически повторяются.

Получены результаты решения линейных и угловых скоростей точек в виде числовых данных и графиков. Полная линейная скорость точки А имеет постоянные значения, равной $v_A=1.4 м/с$, так как угловая скорость этого звена постоянная. Полные линейные скорости остальных точек изменяется циклически в пределах (единица измерения в м/с):

$$1.4 \leq v_B \leq 1.9; 2.1 \leq v_E \leq 1.3; v_F=v_L=v_E; 1.1 \leq v_D \leq 1.8; 5.1 \leq v_C \leq 1.0; v_N=v_C$$

Угловые скорости звеньев 5 и 6 равны нулю. Величины угловых скоростей остальных звеньев меньше чем угловая скорость ведущего звена и составляют по модулю в (рад/с):

$$0.088 \leq \omega_{2z} \leq 2.3; 2.1 \leq \omega_{3z} \leq 3.8; 1.5 \leq \omega_{4z} \leq 2.6; 1.9 \leq \omega_{7z} \leq 5.2.$$

Графики и числовые данные скоростей приведены на рисунке 4.

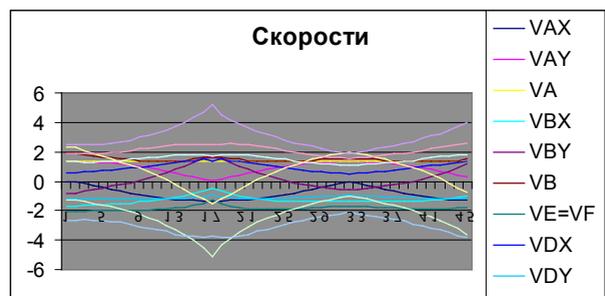


Рисунок 4 – Линейные скорости точек и угловые скорости звеньев плоско-рычажного механизма

Краткие выводы. Компьютерным моделированием построены положения, траектории всех точек рассматриваемого механизма. Составлены уравнения движения для определения координат, скоростей механизма и определены кинематические характеристики всех необходимых точек и

звеньев механизма для любого момента времени в зависимости от положения ведущего звена плоско-рычажного механизма. Для этого составлен программный пакет на языке высокого уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Джолдасбеков, У. А., Байгунчиков, Ж. Ж.** Аналитическая кинематика плоских рычажных механизмов высоких классов. – Алма-Ата, 1980. – 102 с.
- 2 **Джолдасбеков, У. А., Байгунчиков, Ж. Ж.** Аналитическая кинематика и динамика плоских рычажных механизмов высоких классов с вращательными и поступательными кинематическими парами. – Алматы : Гылым, 1993. – 152 с.
- 3 **Шаньгин, В. Ф., Поддубная, Л. М.** Программирование на языке ПАСКАЛЬ. – М. : Высшая школа, 1991.
- 4 **Артоболевский, И. И.** Теория механизмов и машин. – М. : Наука, 1988. – 640 с.
- 5 **Крайнев, А. Ф.** Словарь-справочник по механизмам. – М. : Машиностроение, 1987.

Материал поступил в редакцию 08.12.16.

Е. Аринов¹, С. Ж. Карипбаев², К. З. Сартаев³, Г. Ш. Сартаева³, Н. А. Испулов⁴

Бірсекциялық жазық-рычақты механизм кинематикасын компьютерлік өндеу

¹О. А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған қ.

²АҚ «Азаматтық авиация академиясы», Алматы қ.

³Қ. И. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты, Екібастұз қ.

⁴С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 08.12.16 баспаға түсті.

E. Arinov¹, S. Zh. Karipbayev², K. Z. Sartaev³, G. Sh. Sartaeva³, N. A. Ispulov⁴ **Computer modelling of one-section plain-lever mechanism kinematics**

¹O. A. Baikonurov Zhezkazgan University, Zhezkazgan;

²JSC «Academy of Civil Aviation», Almaty;

³K. I. Satpayev Ekibastuz Engineering Technical Institute, Ekibastuz;

⁴S. Toraighyrov Pavlodar state university, Pavlodar.

Material received on 08.12.16.

Жұмыста жазық-рычақты механизм кинематикасы зерттеледі. Құрылымдық талдау әдістерін қолдану арқылы механизмнің құрылу формуласы алынды. Граф әдісі арқылы кинематика қозғалысының теңдеуі құрылды, графиктік және сандық әдістер арқылы кез-келген уақыт аралығы үшін механизм звеноларының траекториясы, жылдамдығы және бұрыштық жылдамдықтары анықталды.

The work is aimed to investigate the kinematics of the plain-lever mechanism. The formula of the mechanism structure is revealed through using of methods and ways of structural analysis. The equations of direction have been composed by method of graph; the trajectories, speeds of points and angular velocities of mechanism links have been defined by graphics and numerical methods for any moment of time.

УДК 531.8

**Е. Аринов¹, С. Ж. Карипбаев², К. З. Сартаев³,
Г. Т. Касымова⁴, Н. А. Испулов⁵**

¹Жезказганский университет имени О. А. Байконурова, г. Жезказган; ²АО «Академия гражданской авиации», г. Алматы; ³Екибастузский инженерно-технический институт имени К. И. Сатпаева, г. Екибастуз; ⁴Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы; ⁵Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

КИНЕМАТИКА ОДНОСЕКЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА ТИПА БРИКАРДА

В работе рассмотрен параллельный манипулятор и получены численные результаты решения прямой задачи кинематики. Для определения абсолютных положений подвижной платформы при заданных обобщенных координатах в прямой задаче использован итерационный метод решения кинематики многоконтурных стержневых параллельных манипуляторов с различными кинематическими параметрами.

Ключевые слова: параллельный манипулятор, кинематические пары, прямая задача кинематики.

Актуальность исследования. Казахская школа под научным руководством академика Умирбека Арислановича Джолдасбекова внесла значительный вклад в исследования в области специальных видов пространственных механизмов. На основе этих механизмов за последние годы созданы их структурные схемы, исследованы теоретические основы кинематики, динамики [1, 2].

Довольно обширные работы зарубежных ученых посвящены структурно-кинематическому аналитическому и экспериментальному исследованию пространственных механизмов.

Предметом кинематики механизмов с автоматическим управлением, ведущее звено которое приведется в движение от приводов по определенной программе, является описание его пространственного положения как функции времени.

Задачи кинематики механизмов приходится решать на различных этапах проектирования. При этом приходится определять как положения их звеньев

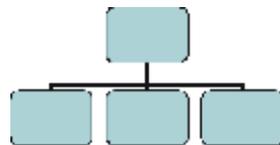
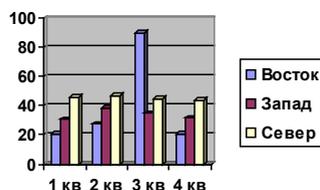


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Эльконин, Д. Б.** Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2–е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 **Фришман, И.** Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587. 4 http://www.mari-el.ru/mmlab/home/AI/4/#part_0.

А. Б. Есімова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

A. Yesevi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықта айырмашылықтарын талдайды.

In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.

Теруге 08.12.2016 ж. жіберілді. Басуға 19.12.2016 ж. қол қойылды.
 Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
 Көлемі шартты 14,7 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
 Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
 Корректорлар: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
 Тапсырыс № 2925

Сдано в набор 08.12.2016 г. Подписано в печать 19.12.2016 г.
 Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
 Объем 14,7 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
 Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
 Корректоры: А. Р. Омарова, Б. Б. Ракишева
 Заказ № 2925

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған
 С. Торайғыров атындағы
 Павлодар мемлекеттік университеті
 140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«КЕРЕКУ» баспасы
 С. Торайғыров атындағы
 Павлодар мемлекеттік университеті
 140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
 67-36-69
 e-mail: kereku@psu.kz