

For development of the medical onboard system of support of decision-making (SSDM) it is necessary to consider a series of features of medical data inherent in character which complicate a task. At the same time medical parameters become entry and boundary conditions for creation and adaptation of algorithms of functioning of system. SSDM is of special interest for cardiovascular diseases, the system is tested in clinical conditions.

**Keywords:** theory of decision support, emergency, naive Bayesian classifier, long-term space flight.

#### References:

1. Litvina D.V., Strogonova L.B., Gushchin V.I. Questions of quality of processing and the analysis of psychophysiological researches for prevention of emergency situations in the conditions of modeling of long space flight. *Quality of life*. 2016. No. 3(11). pp. 37–39.
2. Litvina D.V., Strogonova L.B. Mathematical methods of the theory of support of decision-making in medicine. *Scientific and technical bulletin of the Volga region*. 2015. No. 5. pp. 223–226.

## Семейства кривошипно-коромысловых механизмов с функцией угла передачи, изменяющейся по комбинированному закону

**Н.А. Середина**

*ведущий программист кафедры «Теория механизмов и машин и детали машин» Калининградского государственного технического университета; г. Калининград*

*e-mail: seredana27@yandex.ru*

**Аннотация.** В работе проведен анализ методов метрического синтеза кривошипно-коромысловых механизмов. Предложены математические модели трех семейств кривошипно-коромысловых механизмов с максимумом функции угла передачи, равным  $90^\circ$ , при угле поворота кривошипа, равном соответственно  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$ . Теоретически установлены области существования трех семейств механизмов, определяющие условия геометрической проворачиваемости таких механизмов. Предложена методика метрического синтеза трех семейств кривошипно-коромысловых механизмов, позволяющая повысить качество и снизить трудовые затраты при решении практических задач проектирования.

**Ключевые слова:** кривошипно-коромысловый механизм, метрический синтез, методы, математическая модель, геометрическая проворачиваемость, методика синтеза.

#### Введение

Кинематические схемы транспортно-технологических машин содержат кривошипно-коромысловые механизмы (ККМ). Применительно к линиям пищевых производств приведем примеры технологических машин, кинематические схемы которых включают названный механизм:

устройства для передачи изделий из позиции в позицию [1, 2], укладочные машины [3], тестомесильные машины [4, 5].

Графоаналитические методы метрического синтеза ККМ [6, 3]. Эти методы позволяют проектировать такой механизм по исходным данным: по заданному ходу и углу качания коромысла; по коэффициенту увеличения средней скорости коромысла при этом вводится дополнительное условие – угол передачи не опускается ниже минимально допустимых его значений; по заданным двум или трем положениям ведущего и ведомого звеньев. Графоаналитические методы синтеза ККМ не дают информации о характере изменения функции угла передачи таких механизмов в периоде кинематического цикла.

Метод синтеза рычажных механизмов [7] основан на теории приближения функций. Этот метод позволяет установить параметры кинематической схемы рычажного механизма, удовлетворяющие заданному закону движения ведомого звена. Такой метод синтеза рационален, поскольку позволяет спроектировать механизм, наиболее полно соответствующий своему функциональному назначению.

Метод метрического синтеза ККМ позволяет определять геометрические параметры, используя область существования этих механизмов и расчетные формулы. Область существования геометрически проворачивающихся ККМ предложена Н.И. Колчиным [8]. Математическая модель названной области описывается тремя равенствами:

$$1 - \lambda_1 = \lambda_2 - \lambda_3, \quad (1)$$



$$1 - \lambda_1 = \lambda_3 - \lambda_2, \quad (2)$$

$$1 + \lambda_1 = \lambda_2 + \lambda_3. \quad (3)$$

В первой четверти прямоугольной системы координат с осями  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  математическая модель, описываемая равенствами (1)–(3), представляет собой три прямые линии. В той же системе координат условие геометрической проворачиваемости с учетом углов передачи ККМ – два эллипса [8].

Метод синтеза ККМ позволяет согласовать характер изменения функции угла передачи в периоде кинематического цикла с характером изменения технологической нагрузки, приложенной к механизму [9]. Этот метод основан на делении ККМ на семейства по положению механизма, в котором наблюдается максимум функции угла передачи, равный  $90^\circ$ . Максимум функции угла передачи семейств ККМ наблюдается в наиболее характерных положениях (табл. 1).

У многих транспортно-технологических машин с возвратно-поворотным движением рабочего органа технологическая нагрузка изменяется по комбинированному закону, сочетающему приближенно-постоянный характер изменения нагрузки в начале (на одной трети интервала) рабочего хода и уменьшающийся к концу этого интервала. Один из путей наиболее качествен-

ного использования силовой работоспособности кривошипно-коромысловых механизмов, обеспечивающих возвратно-поворотное движение рабочего органа, – согласование характера изменения технологической нагрузки с характером изменения функции угла передачи. Синтез семейств ККМ с функцией угла передачи, изменяющейся в интервале рабочего хода по комбинированному закону, описанному выше, не проводился (табл. 1).

В статье приведены результаты синтеза семейств кривошипно-коромысловых механизмов с функцией угла передачи, изменяющейся в периоде рабочего хода по комбинированному закону. В качестве объекта исследования выбраны кривошипно-коромысловые механизмы как базовые механизмы транспортно-технологических машин. Предмет исследования – функция угла передачи как алгоритмическая основа для метрического синтеза базовых кривошипно-коромысловых механизмов.

Сформулируем задачи исследования:

- 1) предложить математические модели и выявить области существования семейств кривошипно-коромысловых механизмов, отличающихся закономерностью: функция угла передачи изменяется по комбинированному закону;
- 2) предложить ранее неизвестные соотношения и графические интерпретации для угла пере-

Таблица 1.

Деление семейств кривошипно-коромысловых механизмов

№ п/п	Обозначение семейства ККМ	Положение максимума угла передачи	Характер изменения функции угла передачи в периоде рабочего хода
1	ККМ-1	Продольная ось кривошипа перпендикулярна линии центров	Функция угла передачи в начале рабочего хода максимальна и уменьшается к концу рабочего хода
2	ККМ-2	Продольная ось кривошипа – продолжение линии центров	Функция угла передачи минимальна в начале рабочего хода; максимум наблюдается ближе к концу рабочего хода
3	ККМ-3	Продольная ось кривошипа лежит на линии центров	Функция угла передачи максимальна ближе к началу рабочего хода; уменьшается к концу рабочего хода
4	ККМ-4	Продольная ось шатуна наложена на кривошип	Функция угла передачи повышается и максимальна строго в конце рабочего хода
5	ККМ-5	Продольные оси кривошипа и шатуна вытянуты в одну линию	Функция угла передачи максимальна строго в начале рабочего хода и далее снижается
6	ККМ-6	Продольные оси кривошипа и коромысла параллельны, эти звенья лежат по одну сторону от линии центров	Функция угла передачи сначала возрастает до второй половины интервала рабочего хода, а затем уменьшается
7	ККМ-7	Продольные оси кривошипа и коромысла параллельны, упомянутые звенья лежат по разные стороны от линии центров	Функция угла передачи увеличивается до первой половины интервала рабочего хода, а затем уменьшается

чи семейств кривошипно-коромысловых механизмов;

3) разработать методику метрического синтеза семейств кривошипно-коромысловых механизмов как базовых механизмов транспортно-технологических машин.

Практическая ценность исследований заключается в том, что выявленные закономерности и соотношения положены в основу методики метрического синтеза ККМ, что позволяет повысить качество проектирования объекта исследования и снизить трудовые затраты при решении практических задач проектирования.

**1. Математические модели и области существования семейств кривошипно-коромысловых с функцией угла передачи, изменяющейся по комбинированному закону**

В работе выделено три семейства кривошипно-коромысловых механизмов, обеспечивающих изменение функции угла передачи по комбинированному закону. Для этих семейств механизмов характерно, что максимум функции угла передачи, равный 90°, наблюдается в положении кривошипно-коромыслового механизма при:  $\varphi=30^\circ$ ,  $\varphi=45^\circ$  и  $\varphi=60^\circ$ , где  $\varphi$  – угол поворота кривошипа. Отсчет угла  $\varphi$  принят от положения, при котором продольная ось кривошипа лежит на линии центров в направлении против часовой стрелки. Обозначим эти семейства кривошипно-коромысловых механизмов ККМ-30°, ККМ-45° и ККМ-60° соответственно.

Табл. 2 содержит модели семейств ККМ-30°, ККМ-45° и ККМ-60°.

В табл. 2 приняты следующие обозначения:  $OA = l_1$ ,  $AB = l_2$ ,  $BO_1 = l_3$  – длина кривошипа, шатуна и коромысла соответственно;  $OO_1 = l_0$  – межцентровое расстояние;  $\lambda_1 = \frac{l_1}{l_0}$ ,  $\lambda_2 = \frac{l_2}{l_0}$ ,  $\lambda_3 = \frac{l_3}{l_0}$  – соответственно относительная длина кривошипа, шатуна, коромысла.

В первой четверти прямоугольной системы координат с осями  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$  математические модели (4), (6) и (8) семейств ККМ – дуги окружности произвольного радиуса  $R$  по (5), (7) и (9), при этом центр дуг окружностей находится в начале системы координат.

В табл. 3 приведены области существования семейств ККМ-30°, ККМ-45° и ККМ-60°.

Установлены следующие закономерности:

1. Каждая область на рис. 4–6 – это сочетание дуги  $abc$  окружности единичного радиуса  $R = 1$  (при  $\lambda_1 = 0$ ) и кривой  $cda$ , полученной путем пересечения дуг окружностей произвольного радиуса  $R$  (при  $\lambda_1 \neq 0$ ) с прямой (3) Н.И. Колчина.

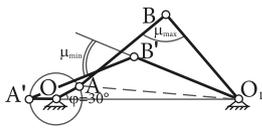
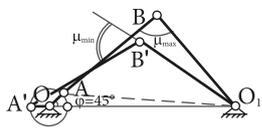
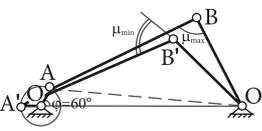
2. Точки, лежащие на кривой  $cda$ , соответствуют семействам ККМ с минимальным углом передачи, равным 0°. При этом якобиан исходной системы двух уравнений анализа ККМ равен нулю. Точки, принадлежащие кривой  $cda$ , соответствуют семействам ККМ, имеющим в периоде кинематического цикла особое (мертвое) положение. Точки на дуге  $abc$  соответствуют механизмам с параметром  $\lambda_1 = 0$ . Механизмы семейств ККМ вне области  $abcd$  не существуют.

**2. Угол передачи семейств ККМ-30°, ККМ-45° и ККМ-60°**

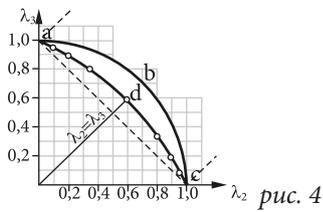
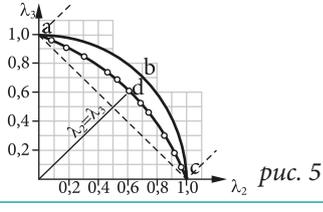
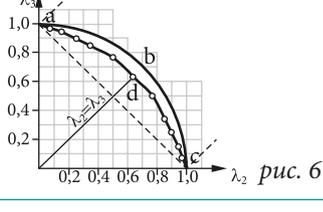
Силовая работоспособность ККМ оценивается функцией угла передачи, которая

Таблица 2.

Модели семейств кривошипно-коромысловых механизмов

Обозначение семейства	Модель семейства	
	схема механизма	соотношение
ККМ-30°	 <p>рис. 1</p>	$\lambda_2^2 + \lambda_3^2 = \lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{3}) + 1$ (4)
		$R_{30^\circ} = \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{3}) + 1}$ (5)
ККМ-45°	 <p>рис. 2</p>	$\lambda_2^2 + \lambda_3^2 = \lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{2}) + 1$ (6)
		$R_{45^\circ} = \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{2}) + 1}$ (7)
ККМ-60°	 <p>рис. 3</p>	$\lambda_2^2 + \lambda_3^2 = \lambda_1 \cdot (\lambda_1 - 1) + 1$ (8)
		$R_{60^\circ} = \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - 1) + 1}$ (9)

Области существования трех семейств кривошипно-коромысловых механизмов

Обозначение семейства	Область существования	Пределы изменения длин звеньев
ККМ-30°	 <i>рис. 4</i>	$0 < \lambda_1 \leq 0,1896;$ $0 < \lambda_2 \leq 1,0;$ $0 < \lambda_3 \leq 1,0.$
ККМ-45°	 <i>рис. 5</i>	$0 < \lambda_1 \leq 0,2168;$ $0 < \lambda_2 \leq 1,0;$ $0 < \lambda_3 \leq 1,0.$
ККМ-60°	 <i>рис. 6</i>	$0 < \lambda_1 \leq 0,2679;$ $0 < \lambda_2 \leq 1,0;$ $0 < \lambda_3 \leq 1,0.$

изменяется в периоде кинематического цикла в зависимости от значений длин звеньев. В *табл. 4* приведены соотношения для угла передачи в функции угла поворота кривошипа  $\varphi$  для трех семейств ККМ.

По соотношениям в *табл. 4* установлен характер изменения функции угла передачи трех семейств ККМ. Эта функция сохраняет значения, близкие к 90°, на одной трети интервала рабочего хода и к концу рабочего хода снижается, не достигая минимума.

Минимум функции угла передачи трех семейств ККМ наблюдается в положении механизма, когда продольная ось кривошипа – продолжение линии центров, то есть при  $\varphi_i = 180^\circ$  (*рис. 1–3*).

Таблица 4.

Угол передачи трех семейств ККМ

Обозначение семейства	Угол передачи в функции угла поворота кривошипа
ККМ-30°	$\mu_i = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \cdot \lambda_3} \cdot \left[\cos(\varphi_i) - \frac{\sqrt{3}}{2}\right]\right)$
ККМ-45°	$\mu_i = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \cdot \lambda_3} \cdot \left[\cos(\varphi_i) - \frac{\sqrt{2}}{2}\right]\right)$
ККМ-60°	$\mu_i = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \cdot \lambda_3} \cdot \left[\cos(\varphi_i) - \frac{1}{2}\right]\right)$

В *табл. 5* приведены соотношения для минимального угла передачи трех семейств ККМ в функции двух аргументов  $\mu_{\min} = f(\lambda_1, \lambda_3)$  и  $\mu_{\min} = f(\lambda_1, \lambda_2)$  соответственно.

На *рис. 7* представлена графическая интерпретация минимального угла передачи в функции длины  $\lambda_1$  при  $\lambda_2 = const$  для семейства ККМ-45°.

Из выражений (12) и (13) следует, что влияние длин  $\lambda_1$  и  $\lambda_3$  на угол передачи  $\mu_{\min}$  семейства ККМ-45°, а также двух других семейств, симметрично. Анализ графической интерпретации на *рис. 7* позволил заключить:

- 1) с увеличением длины  $\lambda_1$  при  $\lambda_2 = const$  угол  $\mu_{\min}$  уменьшается;
- 2) с повышением  $\lambda_2$  при  $\lambda_1 = const$  угол  $\mu_{\min}$  увеличивается до определенного значения, а затем снижается (при больших значениях  $\lambda_2$ ).

### 3. Методика метрического синтеза семейств ККМ

При метрическом синтезе ККМ может быть задано:

**А.** Точка в области существования семейств ККМ (*рис. 4–6*). Проводится следующая вычислительная процедура:

1. Устанавливаем координаты точки в области, а именно  $\lambda_2$  и  $\lambda_3$ ;
2. Определяем относительную длину кривошипа  $\lambda_1$  по соотношениям (4), (6) или (8);

Минимальный угол передачи

Обозначение семейства	Минимальный угол передачи	
ККМ-30°	$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_3 \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{3})} - \lambda_3^2 + 1} \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]\right)$	(10)
	$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{3})} - \lambda_2^2 + 1} \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]\right)$	(11)
ККМ-45°	$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_3 \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{2})} - \lambda_3^2 + 1} \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right]\right)$	(12)
	$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2 \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - \sqrt{2})} - \lambda_2^2 + 1} \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right]\right)$	(13)
ККМ-60°	$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_3 \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - 1)} - \lambda_3^2 + 1}\right)$	(14)
	$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{3}{2} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2 \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot (\lambda_1 - 1)} - \lambda_2^2 + 1}\right)$	(15)

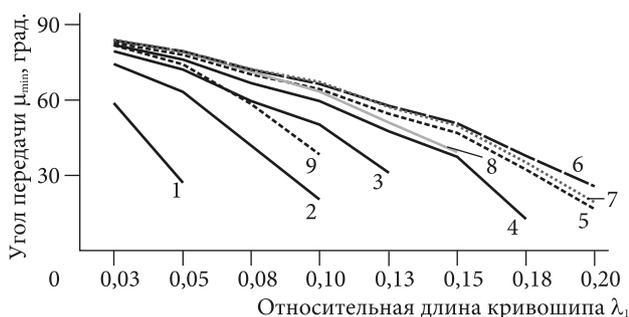


Рис. 7. Минимальный угол передачи в функции λ<sub>1</sub> при λ<sub>2</sub> = const:

- 1 – λ<sub>2</sub> = 0,10; 2 – λ<sub>2</sub> = 0,20;
- 3 – λ<sub>2</sub> = 0,30; 4 – λ<sub>2</sub> = 0,40;
- 5 – λ<sub>2</sub> = 0,50; 6 – λ<sub>2</sub> = 0,60;
- 7 – λ<sub>2</sub> = 0,70; 8 – λ<sub>2</sub> = 0,80;
- 9 – λ<sub>2</sub> = 0,90

3. Выбираем конструктивно длину межцентрового расстояния, определяем размеры звеньев ККМ в миллиметрах.

*Пример 1.* Определить размеры звеньев семейства ККМ-45°, если в области существования (рис. 5) известна точка с координатами λ<sub>2</sub> = 0,70 и λ<sub>2</sub> = 0,60.

По соотношению (6) установим, что λ<sub>1</sub> = 0,11. Зададим конструктивно l<sub>0</sub> = 100 мм, тогда получим l<sub>1</sub> = 11 мм, l<sub>2</sub> = 70 мм; l<sub>3</sub> = 60 мм.

**Б.** Относительная длина шатуна λ<sub>2</sub>; ограничения по минимальному углу передачи μ<sub>min</sub>. Этапы вычислительной процедуры:

1. Выбираем кривую, соответствующую значению λ<sub>2</sub> (рис. 7);
2. По рис. 7 находим значение λ<sub>1</sub>, при котором выполняется ограничение по углу μ<sub>min</sub>;
3. Определяем относительную длину коромысла λ<sub>3</sub> по соотношениям (4), (6) или (8);
4. Уточняем фактическое значение минимального угла передачи по (10)–(15); проверяем соответствие введенному ограничению по углу μ<sub>min</sub>.

*Пример 2.* Спроектировать ККМ-45°, в котором при относительной длине шатуна λ<sub>2</sub> = 0,80 минимальный угол передачи должен быть не меньше 45°.

На рис. 7 выбираем кривую 8, эта кривая построена при λ<sub>2</sub> = 0,80. Видим, что условие μ<sub>min</sub> ≥ 45° выполняется при λ<sub>1</sub> = 0,14. По соотношению (6) для ККМ-45° определяем относительную длину коромысла. Имеем λ<sub>3</sub> = 0,42. Зная длины λ<sub>1</sub> и λ<sub>2</sub>, по соотношению (13) уточняем фактическое значение минимального угла передачи. Угол передачи λ<sub>min</sub> = 45°29', что удовлетворяет условию числового примера.

В практическом плане выделенные семейства ККМ предпочтительны для применения в составе транспортно-технологических машин с возвратно-поворотным движением рабочего органа [1, 2].



Рабочая нагрузка таких машин изменяется в интервале рабочего хода по комбинированному закону, сочетающему приближенно постоянный характер изменения нагрузки в начале рабочего хода и уменьшающийся к концу этого интервала.

#### Основные результаты работы.

1. Теоретически установлены математические модели, выявлены области существования семейств ККМ с функцией угла передачи, изменяющейся в интервале рабочего хода по комбинированному закону.

2. Предложены соотношения и графические интерпретации для угла передачи семейств ККМ в виде, удобном для решения практических задач проектирования.

3. Разработана методика метрического синтеза трех семейств ККМ как базовых механизмов транспортно-технологических машин. Эта методика позволяет повысить качество проектирования объекта исследования и снизить трудовые затраты при проектировании ККМ.

#### Литература

1. Манипулятор для передачи изделий / Горлатов А.С., Середина Н.А.: пат. 2390406 Рос. Федерация. № 2008150307/02; заявл. 18.12.2008; опубл. 27.05.2010. Бюл. № 15. – 8 с.

2. Манипулятор для передачи изделий / Горлатов А.С., Середина Н.А.: пат. 2356726 Рос. Федерация. № 2007136532/02; заявл. 02.10.2007; опубл. 27.05.2009. Бюл. № 15. – 5 с.

3. Устройство для послышной укладки штучных изделий / Горлатов А.С., Фетисова Е.Г., Гончарова Н.А.: пат. 2151087 Рос. Федерация. № 981-13346/13; заявл. 16.07.1998; опубл. 20.06.2000; Бюл. № 17. – 10 с.

4. Марголин Ш.Ф. Теория механизмов и машин: теория, примеры, графические работы. – Минск: Высшая школа, 1968. – 375 с.

5. Крайнев А.Ф. Механизмы машин. Функция, структура, действие. – М.: Издательский дом «Спектр», 2016. – 176 с.

6. Артоболевский С.И. Теория механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1968. – 366 с.

7. Левитская О.Н., Левитский Н.И. Курс теории механизмов и машин. – М.: Высшая школа, 1985. – 279 с.

8. Колчин Н.И. Механика машин: в 2-х т. – М.-Л.: Машгиз, 1963. – Т.1. – 550 с.

9. Горлатов А.С., Середина Н.А., Фатыхов Ю.А. Семь групп шарнирных четырехзвенных механизмов: геометрическая проворачиваемость и угол передачи // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2016. – № 2. – С. 19–26.

### Groups of the Crank-Beam Mechanisms with the Function of the Transmission Angle, Changing on the Combined Law

N.A. Sereda, leading programmer of «Theory of Mechanisms and Cars and Detail of Cars» department of the Kaliningrad state technical university; Kaliningrad;

e-mail: seredana27@yandex.ru

**Summary.** In work the analysis of methods of metric synthesis of the crank-rocker mechanisms is carried out. The mathematical model of groups crank-rocker mechanisms with the maximum of function of transmission angle equal  $90^\circ$ , at the crank angle of rotation equal  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $60^\circ$  are offered. The areas of existence of three groups of mechanisms defining conditions of a geometrical steer of such mechanisms are theoretically established. The technique of metric synthesis of three groups of the crank-beam mechanisms allowing to increase quality and to lower labor expenses at the solution of practical problems of design is offered.

**Keywords:** crank-beam mechanism, metric synthesis, methods, mathematical model, geometric steer, synthesis technique.

#### References:

1. Gorlatov A.S., Sereda N.A. The manipulator for transfer wares. Patent 2390406 of the Russian Federation. № 2008150307/02; stated 18.12.2008; published 27.05.2010. Bulletin № 15. 8 p.

2. Gorlatov A.S., Sereda N.A. The manipulator for transfer wares. Patent 2356726 of the Russian Federation. № 2007136532/02; stated 02.10.2007; published 27.05.2009. Bulletin № 15. 5 p.

3. Gorlatov A.S., Fetisova E.G., Goncharova N.A. The device for layer-by-layer laying of piece wares. Patent 2151087 of the Russian Federation. No. 98113346/13; stated 16.07.1998; published 20.06.2000. Bulletin № 17. 10 p.

4. Margolin Sh.F. Theory of mechanisms and machines: theory, examples, graphic works. Higher school. 1968. Minsk, 375 p.

5. Kraynev A.F. Mechanisms of machinery. Function, structure, action. Publishing house Spektr. 2016. Moscow, 176 p.

6. Artobolevskiy S.I. Theory of mechanisms and machines. Higher school. 1968. Moscow, 366 p.

7. Levitskaya O.N., Levitskiy N.I. Course of the theory of mechanisms and cars. Higher school. 1985. Moscow, 279 p.

8. Kolchin N.I. Mechanics of machines in 2 volumes. Volume 1. Mashgiz. 1963. Moscow, 550 p.

9. Gorlatov A.S., Sereda N.A., Fatykhov Yu.A. Seven groups of jointed four-link mechanisms: geometrical steer and transmission angle. Handbook. An Engineering Journal with the application. 2016. № 2. Pp. 19–26.