

Люминарский Станислав Евгеньевич, Люминарский Игорь Евгеньевич  
**МЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА**

В статье рассмотрен метрический синтез кривошипно-ползунного механизма по заданной функции положения. Приведены недостатки методики синтеза рычажных механизмов по трем положениям, используемой в Лабораторной работе № 10 Кафедры "Теория механизмов и машин" МГТУ им. Н. Э. Баумана. Предложен алгоритм синтеза кривошипно-ползунного механизма, обеспечивающий наилучшее воспроизведение заданной функции положения. Методика расчета основана на решении задачи оптимизации с использованием функции штрафа. Расчетным путем доказано, что синтез кривошипно-ползунного механизма методом интерполяции по трем точкам не позволяет получить оптимальное решение.

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2017/2/22.html](http://www.gramota.net/materials/1/2017/2/22.html)

**Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.**

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2017. № 2 (116). С. 80-86. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2017/2/](http://www.gramota.net/materials/1/2017/2/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)  
Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

13. **Об основных гарантиях прав ребенка в Российской Федерации:** Федеральный закон от 24.07.1998 г. № 124-ФЗ (ред. от 28.12.2016 г.) // СЗРФ. 1998. № 31. Ст. 3802.
14. **Об охране общественной нравственности:** Закон Красноярского края от 20.06.1995 г. № 6-129 «Об охране общественной нравственности» (с изменениями на 06.10.2011 г.) // Наш Красноярский край. 2011. 26 октября.
15. **Об охране общественной нравственности** [Электронный ресурс]: Закон Магаданской области от 01.07.1996 г. № 10-ОЗ (с изменениями на: 02.06.2016 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/800400677> (дата обращения: 21.02.2017).
16. **Об охране общественной нравственности** [Электронный ресурс]: Закон Республики Саха (Якутия) от 20.02.2004 г. № 120-З № 239-III (с изменениями на: 30.04.2014 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/802009195> (дата обращения: 21.02.2017).
17. **Об утверждении Доктрины информационной безопасности Российской Федерации:** Указ Президента РФ от 05.12.2016 г. № 646 // СЗРФ. 2016. № 50. Ст. 7074.
18. **Особое мнение судьи Конституционного Суда Российской Федерации К. В. Арановского по Определению Конституционного Суда РФ от 05.07.2011 г. № 879-О-О «Об отказе в принятии к рассмотрению жалобы гражданки Котовой Евгении Викторовны на нарушение ее конституционных прав подпунктом 1 пункта 1 статьи 219 Налогового кодекса Российской Федерации»** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=117571#0> (дата обращения: 21.02.2017).
19. **Послание Президента России Владимира Путина Федеральному Собранию РФ** // Российская газета. 2007. 27 апреля.
20. **Рейтинг российских регионов по качеству жизни – 2016** [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/infografika/20170220/1488209453.html> (дата обращения: 21.02.2017).
21. **Ускова Т. В.** Проблемы применения термина «частная практика» в российском законодательстве // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. Тамбов: Грамота, 2014. № 9 (47): в 2-х ч. Ч. II. С. 179-181.
22. **Чичерин Б. Н.** Общее государственное право / под ред. В. А. Томсинова. М.: Зерцало, 2006. 505 с.

#### LEGISLATION OF SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION: AXIOLOGICAL CONTEXT

Litovkina Margarita Ivanovna

Moscow

mar-lit@yandex.ru

In the article the author considers the need to take into account axiological significance of regional legislation for development of normative material at the federal level. Existence of legal acts in subjects of the Russian Federation that do not have analogs at the federal level should stimulate the Russian legislator to use results of regional legislative activity for development of new normative acts in the federal sphere, in particular, those regulating relations in the field of protection of public morality as a constitutional-legal value.

*Key words and phrases:* subjects of federation; legislation; state; value; morality; violation of public morality.

УДК 621:01

**Технические науки**

*В статье рассмотрен метрический синтез кривошипно-ползунного механизма по заданной функции положения. Приведены недостатки методики синтеза рычажных механизмов по трем положениям, используемой в Лабораторной работе № 10 Кафедры «Теория механизмов и машин» МГТУ им. Н. Э. Баумана. Предложен алгоритм синтеза кривошипно-ползунного механизма, обеспечивающий наилучшее воспроизведение заданной функции положения. Методика расчета основана на решении задачи оптимизации с использованием функции штрафа. Расчетным путем доказано, что синтез кривошипно-ползунного механизма методом интерполяции по трем точкам не позволяет получить оптимальное решение.*

*Ключевые слова и фразы:* рычажный механизм; метрический синтез; функция положения; оптимизация; функция штрафа.

**Люминарский Станислав Евгеньевич**, к.т.н., доцент

**Люминарский Игорь Евгеньевич**, д.т.н., доцент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

katjstas@mail.ru; lie260@mail.ru

#### МЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

На Кафедре «Теория механизмов и машин» (РК2) МГТУ им. Н. Э. Баумана выполняется Лабораторная работа № 10 по метрическому синтезу четырехзвенных рычажных механизмов [5]. Целью работы является определение размеров кривошипа и шатуна, обеспечивающих приближенное совпадение полученной и данной функций положения (ФП) на заданном рабочем перемещении выходного звена.

В лабораторной работе поставленная задача сводится к задаче синтеза по трем положениям. В теории синтеза механизмов такая методика расчета называется точечной интерполяцией.

Недостатки используемой методики:

1. Полученное решение не является оптимальным.
2. Невозможно учитывать различные дополнительные ограничения, накладываемые на работу механизма. Например, угол давления не должен превышать допустимой величины.
3. Заданная и полученная функции положения совпадают только в трех выбранных точках. Не оценивается точность воспроизведения функции положения в промежуточных точках.
4. При решении задачи синтеза три положения механизма равномерно распределяются на рабочем перемещении случайным образом. Не рассматривается влияние изменения этих положений на точность воспроизведения заданной ФП.

В данной работе рассматривается метрический синтез кривошипно-ползунного механизма по заданной функции положения, который заключается в определении размеров звеньев и начальной координаты кривошипа, обеспечивающих *наилучшее* воспроизведение заданной функции положения. Проводится сравнение различных методов синтеза.

Задача определения размеров и положения входных звеньев, наилучшим образом удовлетворяющих заданным условиям, называется метрическим синтезом. Синтезированный механизм должен удовлетворять основному и дополнительным условиям.

Основное условие обеспечивает заданное движение механизма и определяет целевую функцию при решении задачи оптимизации. В зависимости от этого условия различают следующие задачи:

- 1) синтез по нескольким положениям выходного звена;
- 2) синтез по заданному закону движения выходного звена (по функции положения, по первой или второй передаточным функциям);
- 3) синтез по кинематическим параметрам;
- 4) синтез по условиям передачи сил между звеньями.

В качестве дополнительных условий (ограничений) синтеза обычно используют:

- 1) условие проворачиваемости;
- 2) ограничение углов давления;
- 3) конструктивные ограничения на габариты механизма;
- 4) обеспечение заданной точности движения или заданных положений звеньев.

Метрический синтез кривошипно-ползунного механизма можно проводить различными методами. В теории синтеза механизмов наибольшее распространение получили методы: интерполирования, квадратичного приближения, наилучшего (равномерного) приближения [4].

Точечным интерполированием называется определение функции  $y = F(x)$ , принимающей значения заданной функции  $y = F(x)$  в " $k$ " точках, принадлежащих интервалу  $[a, b]$ . В данном случае решение задачи сводится к решению системы " $k$ " уравнений вида:

$$\Delta(x_i) = F(x_i) - P(x_i) = 0, \quad i = 1, 2 \dots k. \quad (1)$$

Точки, в которых выполняются условия (1), называются точками интерполяции.

Метод интерполирования можно применять для получения первого приближения задач оптимального синтеза.

Методы квадратичного приближения и наилучшего приближения относятся к оптимальному синтезу, т.е. нахождению такого решения задачи, при котором целевая функция принимает экстремальное значение при соблюдении заданных ограничений.

При решении задачи синтеза по заданной ФП методом квадратичного приближения в качестве целевой функции принимается среднее квадратичное отклонение получаемой функции  $P(x)$  от заданной функции  $F(x)$  на отрезке  $[a, b]$ :

$$\Delta = \sqrt{\frac{\int_a^b [F(x) - P(x)]^2 dx}{b - a}}. \quad (2)$$

В методе наилучшего приближения используется целевая функция в виде равномерного отклонения двух функций:

$$\Delta = \max_{a < x < b} |F(x) - P(x)|. \quad (3)$$

Метод квадратичного приближения можно применять при требуемом малом среднем отклонении ФП от заданной функции. Метод наилучшего приближения – для воспроизведения заданной функции положения с наибольшей точностью.

Целевая функция зависит от входных  $a_i$  и выходных  $x_i$  параметров:

$$\Delta = \Delta(a_1, a_2, \dots, a_n, x_1, x_2, \dots, x_m). \quad (4)$$

Выходные параметры – это независимые переменные, определяемые в результате решения задачи. Значения входных параметров являются исходными данными для решения задачи синтеза.

Целевая функция в задачах метрического синтеза рычажных механизмов нелинейно зависит от независимых переменных. Поэтому решение указанных задач выполняется методами нелинейного программирования.

Задача нелинейного программирования с ограничениями в виде равенств и неравенств записывается в виде:

$$\begin{aligned} \Delta(\mathbf{x}) &\rightarrow \min, \mathbf{x} \in D, \\ g_i(\mathbf{x}) &= 0, i = 1, \dots, k, \\ h_j(\mathbf{x}) &> 0, j = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (5)$$

Для решения этой задачи можно применять непрямые методы нелинейного программирования, к которым относится метод штрафных функций [1]. Преимущество метода штрафа заключается в получении более простых алгоритмов расчета. В этом методе задача оптимизации с ограничениями (условной оптимизации) преобразуется в последовательность задач без ограничений (безусловной оптимизации). Для этого изменяется целевая функция с помощью функции штрафа:

$$Z(\mathbf{x}, r) = \Delta(\mathbf{x}) + H(\mathbf{x}, r), \quad (6)$$

где  $H(\mathbf{x}, r)$  – функция штрафа, которая подбирается таким образом, чтобы ее значение неограниченно возрастало при приближении к границе допустимой области;  $r$  – параметр, который в процессе решения уменьшается до допустимо малого значения.

В зависимости от вида  $H(\mathbf{x}, r)$  различаются методы внутренних штрафных функций (барьерных функций) и методы внешних штрафных функций. Первые методы применяются для задач с ограничениями в виде неравенств, вторые – для задач с ограничениями в виде равенств и неравенств.

В методе внутренних штрафов функцию штрафа можно представить в следующем виде:

$$H(\mathbf{x}, r) = r \cdot \sum_{j=1}^m \frac{1}{h_j(\mathbf{x})}. \quad (7)$$

Если  $\mathbf{X}$  удовлетворяет ограничениям  $h_j(\mathbf{x}) > 0, j = 1, \dots, m$  и  $r$  принимает малые значения, то значение целевой функции  $\Delta(\mathbf{x})$  незначительно отличается от значения  $Z(\mathbf{x}, r)$ .

В процессе оптимизации независимая переменная  $\mathbf{X}$  всегда удовлетворяет заданным ограничениям. Если хотя бы одна из функций  $h_j(\mathbf{x})$  близка к нулю, то значение  $H(\mathbf{x}, r)$  будет очень большим.

Алгоритм расчета методом штрафных функций:

1. На первой итерации ( $k=1$ ) выбирается начальное значение  $\mathbf{x}_k$ , удовлетворяющее заданным ограничениям, и задается значение параметра  $r_k$ .

2. Выполняется безусловная оптимизация с целевой функцией (6).

3. Если  $H(\mathbf{x}, r_k) < \varepsilon$ , то расчет заканчивается. В противном случае необходимо принять  $r_{k+1} = \beta \cdot r_k$  ( $0 \leq \beta \leq 1$ ) и перейти к пункту 2. Значение  $\mathbf{x}_k$ , полученное на  $k$ -ой итерации, используется в качестве начального приближения на следующей итерации.

В данной работе при синтезе кривошипно-ползунного механизма для решения задачи безусловной оптимизации применяется квазиньютоновский метод с использованием конечно-разностного градиента [3].

Рассмотрим задачу метрического синтеза кривошипно-ползунного механизма по заданной функции положения. Пусть задана функция положения  $F(\varphi_1)$  на рабочем перемещении от  $F_0(\varphi_{10})$  до  $F_k(\varphi_{1k})$ . Здесь  $\varphi_1$  – угол поворота кривошипа. Необходимо определить длины кривошипа  $L_1$ , шатуна  $L_2$  и начальную координату  $\varphi_{10}$ , обеспечивающие наилучшее приближение функции положения кривошипно-ползунного механизма  $P(\varphi_1)$  к заданной функции  $F(\varphi_1)$ .

Для рассматриваемой задачи входными параметрами являются: функция  $F(\varphi_1)$ , значения  $F_0(\varphi_{10})$  и  $F_k(\varphi_{1k})$ , внеосность  $e$ , максимальная длина кривошипа  $L_{1max}$ ; выходными параметрами (независимыми переменными) –  $L_1, L_2, \varphi_{10}$ . Вектор независимых переменных  $\mathbf{x} = \{L_1, L_2, \varphi_{10}\}$ .

Функция положения кривошипно-ползунного механизма имеет вид:

$$P(\varphi_1) = L_1 \cdot \cos(\varphi_1) + L_2 \cdot \cos(\varphi_2), \quad \varphi_2 = a \sin\left(\frac{L_1 \sin(\varphi_1) - e}{L_2}\right).$$

На вектор  $\mathbf{x}$  накладываются следующие ограничения:

1. Максимальный угол давления меньше допустимого значения:

$$h_1(\mathbf{x}) = [\theta] - \theta_{max} > 0, \quad (8)$$

где  $[\theta]$  – допустимый угол давления,  $\theta_{max} = a \sin\left(\frac{L_1 - |e|}{L_2}\right)$  – максимальное значение угла давления. Условие (8)

автоматически обеспечивает выполнение условия существования кривошипа.

2. Длина кривошипа меньше заданного максимального значения  $L_{1max}$ :

$$h_2(\mathbf{x}) = L_{1max} - L_1 > 0. \quad (9)$$

Условие (9) накладывает ограничение на габариты механизма.

3. Длина кривошипа больше нуля:

$$h_3(\mathbf{x}) = L_1 > 0. \quad (10)$$

4. Длина шатуна больше нуля:

$$h_4(\mathbf{x}) = L_2 > 0. \quad (11)$$

В Лабораторной работе № 10 для синтеза четырехзвенных механизмов задается линейная функция положения  $F(\varphi_1) = F_0 + u \cdot (\varphi_1 - \varphi_{10})$  на рабочем перемещении  $\Delta F = u \cdot \Delta\varphi_1$ . Здесь  $\Delta\varphi_1 = \varphi_{1k} - \varphi_{10}$ . Студентам предлагается решать поставленную задачу методом интерполяции по трем положениям. Три точки интерполяции равномерно распределяются на рабочем перемещении. Координаты этих точек относительно начала рабочего перемещения  $\varphi_1^* = \varphi_1 - \varphi_{10}$  определяют по следующим формулам:

$$\varphi_1^{*(1)} = \varphi_1^{*(0)}, \varphi_1^{*(2)} = \varphi_1^{*(0)} + \Delta\varphi_1/3, \varphi_1^{*(3)} = \varphi_1^{*(0)} + 2\Delta\varphi_1/3. \quad (12)$$

Необходимо отметить, что синтез четырехзвенных механизмов методом интерполяции по трем положениям не приводит к оптимальному решению и не позволяет учесть ограничения, накладываемые на вектор выходных параметров  $\mathbf{x}$ . Результаты расчета этим методом зависят от выбора координат точек интерполяции.

Рассмотрим синтез кривошипно-ползунного механизма методом интерполяции по трем положениям и методом оптимизации с использованием функции штрафа (наилучшего приближения). Для оценки точности приближения полученной функции положения  $P(\varphi_1)$  к заданной функции  $F(\varphi_1)$  используются две функции:

$$\Delta_1 = \frac{\max_{\varphi_{10} < \varphi_1 < \varphi_{1k}} |F(\varphi_1) - P(\varphi_1)|}{F_{max}} \cdot 100\%,$$

$$\Delta_2 = \sqrt{\frac{\int_{\varphi_{10}}^{\varphi_{1k}} [F(\varphi_1) - P(\varphi_1)]^2 d\varphi_1}{\varphi_{1k} - \varphi_{10}}}{F_{max}} \cdot 100\%. \quad (13)$$

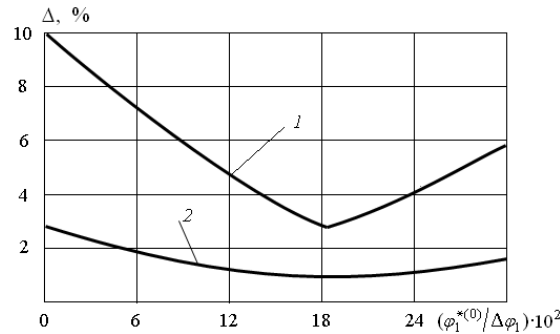
Первая функция оценивает равномерное приближение полученной функции  $P(\varphi_1)$  к заданной функции  $F(\varphi_1)$ , вторая – среднее квадратическое приближение.

Для численного исследования были приняты следующие исходные данные:  $u = 40$  мм;  $F_0 = 165$  мм;  $e = -25$  мм;  $\Delta F = 100$  мм.

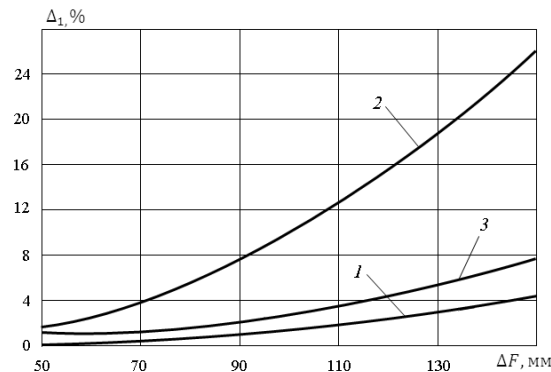
Вначале рассмотрим результаты синтеза, выполненного методом интерполяции по трем положениям. Для оценки точности воспроизведения заданной ФП использовались функции (13). На Рис. 1 представлены зависимости  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$  от координаты первой точки интерполяции  $\varphi_1^{*(0)}$ . Остальные точки интерполяции равномерно распределяются на рабочем перемещении  $\Delta F$  (см. формулы (12)).

Из Рис. 1 видно, что отклонение  $\Delta_1$  изменяется в пределах от 2,8% до 10%. При этом минимальное значение  $\Delta_1 = 2,8\%$  не является оптимальным. Расчеты, выполненные методом наилучшего приближения, показали, что минимальное значение  $\Delta_1 = 1,38\%$ . Таким образом, в зависимости от расположения точек интерполяции, погрешность воспроизведения заданной ФП может отличаться от оптимального значения в 2,2...7 раз. Наименьшее расхождение расчетной и заданной ФП можно получить при  $\varphi_1^{*(0)} = 0,18\Delta\varphi_1$ , наибольшее расхождение – при  $\varphi_1^{*(0)} = 0$ , т.е. при расположении начальной точки интерполяции вначале рабочего перемещения  $\Delta F$ .

На Рис. 2 показаны зависимости погрешности воспроизведения заданной функции положения  $\Delta_1$  от рабочего перемещения  $\Delta F$ , вычисленные методами интерполяции по трем точкам и наилучшего приближения.



**Рис. 1.** Влияние относительной координаты первой точки интерполяции на точность приближения ФП: 1 – оценка  $\Delta_1$ ; 2 – оценка  $\Delta_2$



**Рис. 2.** Влияние рабочего перемещения  $\Delta F$  на точность воспроизведения функции положения:

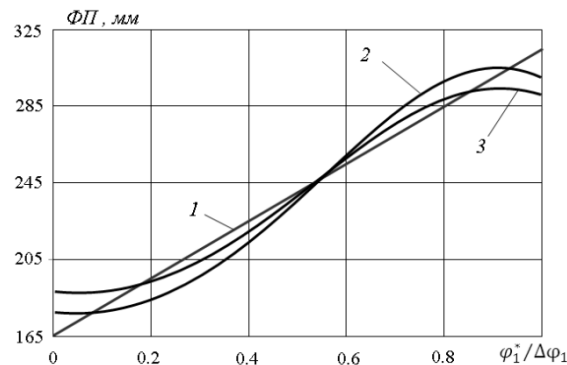
1 – метод наилучшего приближения; 2 – метод интерполяции по трем точкам ( $\varphi_1^{*(0)} = 0$ );

3 – метод интерполяции по трем точкам ( $\varphi_1^{*(0)} = 0,18\Delta\varphi_1$ )

Из приведенных зависимостей видно, что использование метода интерполяции при  $\varphi_1^{*(0)} = 0,18\Delta\varphi_1$  позволяет построить функцию положения с погрешностью  $\Delta_1$ , превышающей погрешность при оптимальном решении примерно в 2 раза. При  $\varphi_1^{*(0)} = 0$  погрешность  $\Delta_1$  может достигать 25% (см. кривую 2).

Если точность полученной функции положения  $P(\varphi_1)$  оценивать с помощью среднего квадратичного отклонения  $\Delta_2$ , то значения  $L_1, L_2, \varphi_{10}$ , полученные методом интерполяции по трем точкам при  $\varphi_1^{*(0)} = 0,18\Delta\varphi_1$ , будут близки к оптимальным значениям.

На Рис. 3 представлены заданная функция положения (кривая 1) и реальные функции положения, полученные различными методами. Кривая 2 определена методом наилучшего приближения, кривая 3 – методом интерполяции по трем точкам при  $\varphi_1^{*(0)} = 0,18\Delta\varphi_1$ . Анализ кривой 2 позволил получить для рассматриваемого варианта расчета следующие оптимальные значения координат точек интерполяции:  $\varphi_1^{*(1)} = 0,09 \cdot \Delta\varphi_1$ ,  $\varphi_1^{*(2)} = 0,52 \cdot \Delta\varphi_1$ ,  $\varphi_1^{*(3)} = 0,93 \cdot \Delta\varphi_1$ .



**Рис. 3.** Заданная и полученные функции положения ( $\Delta F = 150$  мм): 1 – заданная функция положения;

2 – реальная функция положения, полученная методом наилучшего приближения;

3 – реальная функция положения, полученная методом интерполяции по трем точкам при  $\varphi_1^{*(0)} = 0,18\Delta\varphi_1$

Метод интерполяции не позволяет учитывать ограничения, накладываемые на независимые переменные. Выполнение этих ограничений можно проверить только после проведения синтеза. На Рис. 4 показана зависимость максимального значения угла давления кривошипно-ползунного механизма, синтезированного методом наилучшего приближения, от входного параметра  $u$ . Если принять значение допустимого угла давления  $[\theta] = 30^\circ$ , то при  $u > 72 \text{ мм/рад}$  максимальное значение угла давления  $\theta_{\max}$  превышает допустимое значение. В этом случае метод интерполяции не позволяет синтез механизма, удовлетворяющий условию  $\theta_{\max} \leq [\theta]$ .

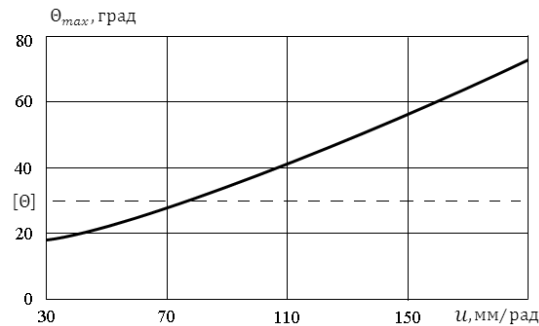


Рис. 4. Зависимость максимального угла давления от входного параметра  $u$

На Рис. 5 представлены зависимости погрешности воспроизведения заданной функции положения  $\Delta_1$  от параметра  $u$ . Синтез выполнялся методом наилучшего приближения. Кривая 1 получена с учетом ограничения  $\theta_{\max} \leq [\theta]$ , кривая 2 – без учета ограничения. При  $u > 72 \text{ мм/рад}$  учет ограничения по углу давления приводит к резкому увеличению погрешности  $\Delta_1$ . Даже при оптимальном синтезе  $\Delta_1$  достигает 10% при  $u = 190 \text{ мм/рад}$ .

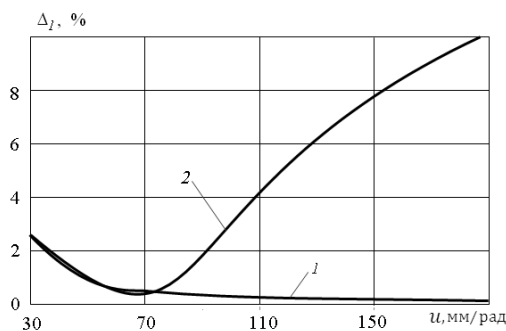


Рис. 5. Зависимость погрешности воспроизведения заданной функции положения от входного параметра  $u$ :  
1 – расчет без ограничения  $\theta_{\max} \leq [\theta]$ ; 2 – расчет с ограничением  $\theta_{\max} \leq [\theta]$

### Заключение

1. Синтез кривошипно-ползунного механизма методом интерполяции по трем точкам не позволяет получить оптимального решения. Для получения оптимальных размеров механизма необходимо применять методы оптимизации.
2. При использовании метода интерполяции по трем точкам рекомендуется координату первой точки принимать равной  $\varphi_1^{(1)} = \varphi_{10} + 0,18\Delta\varphi_1$ .
3. При значениях параметра  $u > 72 \text{ мм/рад}$  угол давления резко возрастает. Поэтому при использовании метода интерполяции после синтеза необходимо проверять полученные углы давления.

### Список литературы

1. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. М.: Радио и связь, 1988.
2. Гебель Е. С., Джомартов А. А., Синчев Б. Синтез четырехзвенных рычажных механизмов на основе метода оптимизации // Омский научный вестник. 2011. № 2. С. 58-60.
3. Деннис Дж., Шнабель Р. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений. М.: Мир, 1988. 440 с.
4. Машнев М. М., Красковский Е. Я., Лебедев П. А. Теория механизмов и машин и детали машин: учеб. пособие для студентов немашиностроительных специальностей вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение (Ленинград. отд-ние), 1980. 512 с.
5. Тарабарин В. Б., Кузенков В. В., Фурсяк Ф. И. Лабораторный практикум по теории механизмов и машин: метод. указания к лабораторным работам по дисциплине «Теория механизмов и машин». М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 96 с.

**METRIC SYNTHESIS OF THE SLIDER-CRANK MECHANISM**

**Lyuminarskii Stanislav Evgen'evich**, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor  
**Lyuminarskii Igor' Evgen'evich**, Doctor in Technical Sciences, Associate Professor  
*Bauman Moscow State Technical University*  
*katjstas@mail.ru; lie260@mail.ru*

The article describes metrical synthesis of the slider-crank mechanism according to the predetermined position function. The paper shows drawbacks of methodology of linkage synthesis in three positions used in Laboratory Work № 10 of the Department "Theory of Mechanisms and Machines" of Bauman Moscow State Technical University. The authors suggest an algorithm of synthesis of the slider-crank mechanism, which provides the best performance of this position function. Methodology of calculation is based on solution of the optimization problem using the fine function. By calculation it is proved that synthesis of the slider-crank mechanism by the method of interpolation from three points does not provide an optimal solution.

*Key words and phrases:* linkage; metric synthesis; position function; optimization; fine function.

УДК 621.396.99:004:631

**Технические науки**

*В данной статье рассмотрены некоторые особенности применения сверхширокополосных беспроводных сенсорных систем в SMART сельском хозяйстве. Проанализированы характерные области сельского хозяйства для применения WSN. Выявлены и обоснованы технологии интеграции для SMART сельского хозяйства. На основе проведенного исследования автором предлагается применение сверхширокополосных беспроводных сенсорных систем при организации «умной теплицы» в SMART системе.*

*Ключевые слова и фразы:* SMART сельское хозяйство; сверхширокополосные системы; беспроводные сенсорные сети; датчики; беспроводные технологии.

**Макарцева Алина Юрьевна**

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, г. Астана*  
*alinka9309@mail.ru*

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ В SMART СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Во многих областях деятельности человека в последнее время часто можно встретить такое понятие как "SMART". Например, *SMART Home*, *SMART Apartment*, *SMART TV*, *SMART Car* и т.п. Основной принцип применения этого понятия обусловлен стремительными достижениями в области науки и техники, развитием и усовершенствованием беспроводных технологий. Рассматриваемое понятие нашло свое применение и в такой важной области деятельности человека как сельское хозяйство.

Одним из эффективных способов организации SMART сельского хозяйства является интеграция сверхширокополосных беспроводных систем, таких как беспроводные сенсорные сети (Wireless Sensors Networks, WSN), в структуру организации сельского хозяйства. В данной статье представлены некоторые особенности применения сверхширокополосных (СШП) WSN в сельском хозяйстве.

Для того чтобы понять эффективность организации SMART сельского хозяйства, необходимо определить, что же это такое и какие особенности такая система имеет. На сегодняшний день существует достаточно много различных определений SMART сельского хозяйства, но все они имеют одну общую особенность – это связь с интенсивно развивающимися технологиями беспроводной передачи [3].

В рамках данной работы SMART сельское хозяйство будет определено следующим образом: «это подход к организации системы управления процессами в сельском хозяйстве, обеспечивающий понимание основных требований и изменений текущих условий в такой системе под влиянием внешней окружающей среды, базирующийся на полученной информации в ходе работы совокупности тех или иных датчиков» (Рис. 1).

При таком подходе SMART система позволяет решить следующие задачи:

1. Использование комбинации датчиков, таких как датчики температуры, света и влажности, например, в теплице, для оценки риска промерзания почвы, возможности предотвращения болезней растений и установления плана полива, основанного на текущем уровне влажности почвы и т.п.

2. Управление параметрами роста сельскохозяйственного урожая и контроль оптимальных условий для выращивания овощных культур, не выходя из собственного дома.

3. Мониторинг внешних условий для поддержания оптимальных жизненных параметров для крупного рогатого скота.

Подход SMART систем основан на интеграции трех хорошо известных технологий (Рис. 2) – беспроводные сенсорные сети, Grid-технологии вычисления и контекстно-зависимые технологии вычисления (Context-Aware Computing).