

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАСПРАВКИ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Г.А. Бахадиров

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан*

Представлена членом редколлегии профессором Ю.В. Воробьевым

Ключевые слова и фразы: кривошипно-коромысловый механизм; листовый материал; механизм расправки; расправка складок; степень свободы; струнный транспортер.

Аннотация: Исследуется устройство для транспортировки и расправки листовых материалов в зону обработки на основе пятизвенного кривошипно-коромыслового механизма с двумя степенями свободы. В общем случае определены координаты подвижной опоры, которая является основным рабочим органом устройства. Построены графические зависимости в математической среде MathCAD.

Обозначения

l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 – длины звеньев механизма, м;	ки механизма относительно Oxy и $O'x'y'$, соответственно;
I – вектор, модуль которого переменный и соответствует расстоянию $O'O''$, соединяющее концы кривошипа l_2 и коромысла l_5 , м;	x_2, y_2 и x_4, y_4 – координаты точек O' и O'' , соответственно, в Oxy ;
I_3 и I_4 – векторы, модули которых равны длинам шатунов l_3 и l_4 , м;	x'_3 и y'_3 – координаты точки M в $O'x'y'$;
M – точка, находящаяся на подвижной опоре 7 механизма;	α – угол поворота координатных осей системы $O'x'y'$ относительно координатных осей системы Oxy , рад;
Ox и Oy – неподвижные, $O'x'$ и $O'y'$ – подвижные координатные оси;	γ – угол между рабочей поверхностью подвижной опоры и плоскостью, образуемой струнами, рад;
Oxy и $O'x'y'$ – неподвижная и подвижная системы декартовых координат;	φ_1 – постоянный угол между Ox и l_1 , рад;
x, y и x', y' – координаты произвольной точки	φ_2 – угол вращения кривошипа l_2 , рад;
	φ_5 – угол поворота коромысла l_5 , рад;
	ρ – половина периметра треугольника $O'O''M$, м.

Основными направлениями совершенствования оборудования легкой, в частности, кожевенной промышленности является создание проходного оборудования для автоматизированных поточных линий. Повышение эффективности использования оборудования, улучшение условий труда, повышение его производительности и качества во многом зависит от механизации загрузки и разгрузки проходных машин. Проходные машины обрабатывают листовый материал за один проход и хорошо вписываются в автоматические линии с большой производительностью [1 – 3].

Загрузка проходного оборудования в основном осуществляется специальными транспортирующими конвейерами для подачи листового материала в зону обработки технологической машины. В этих машинах расправка продольных и поперечных складок и загибов обрабатываемого листового материала осуществляется на транспортирующем конвейере в основном вручную [3, 4].

Транспортирующие и подающие устройства вновь создаваемых машин должны обладать всеми преимуществами существующих машин, устранить имеющиеся недостатки, прежде всего, обеспечивать транспортировку и подачу любого листового материала без складок и загибов в зону обработки технологической машины [4, 5].

Для осуществления расправки складок листового материала нами предлагается устройство для транспортировки и расправки листового материала в зону обработки, которая позволяет расправить складки листового материала по всем направлениям плоскости обработки (рис. 1) [6]. Устройство содержит ведущий 1 и ведомый 4 валы, огибаемые замкнутыми струнами 2, транспортер, соединенный с приводом и размещенный между замкнутыми струнами 2, подвижную опору 7, установленную на станине 5 посредством кривошипа 9, шатуна 8, и коромысла 6 с возможностью колебательных движений. Рабочая поверхность подвижной опоры 7 снабжена упругими наклонными колками 3 и установлена относительно плоскости, образуемой струнами 2 под углом γ , при этом вершина угла, образованного в пересечении продолжении плоскости струн 2 с рабочей плоскостью подвижной опоры 7, расположена на выходном участке струнного транспортера. При этом подвижная опора 7 может быть образована из двух наклонных подпружиненных плоскостей (частей), линия пересечения которых расположена на продольной оси струнного транспортера, проходящей по середине ведущего 1 и ведомого 4 валов.

Колки 3 имеют наклон в сторону входа обрабатываемого листового материала от линии пересечения наклонных частей подвижной опоры 7, к ее краям. Угол наклона колков 3 и их направление симметричны относительно линии пересечения наклонных частей подвижной опоры 7 продольной оси струнного транспортера. При этом углы наклона колков 3 увеличиваются по направлению движения струнного транспортера и перпендикулярные к ней – от краев к линии пересечения наклонных частей подвижной опоры 7. Причем свободные концы колков 3 установлены на одном уровне ниже плоскости, образуемой струнами транспортера, при этом высота колков 3 по направлению движения струнного транспортера, т.е к выходу, уменьшается (см. рис. 1), а в поперечном сечении струнного транспортера симметрично увеличивается от линии пересечения наклонных частей подвижной опоры 7 к ее краям.

При транспортировании листового материала в зону обработки технологической машины он укладывается на струнный транспортер. Подвижная опора 7, совершая колебательное движение, несет на своей рабочей поверхности упругие наклонные колки 3. При этом упругие наклонные колки 3 периодически выступают над уровнем, образуемым замкнутыми струнами 2, и утопают. В момент,

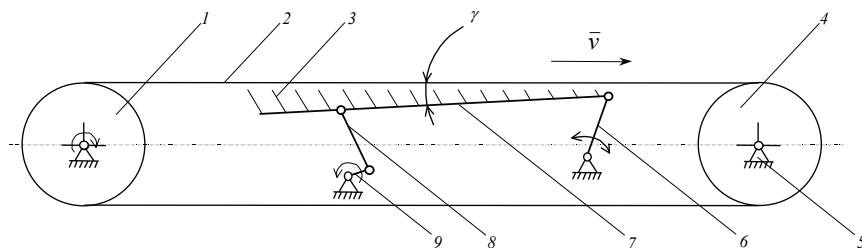


Рис. 1 Устройство расправки складок листового материала

когда свободные концы наклонных колков 3 выступают над уровнем замкнутых струн 2, они соприкасаются с поверхностью листового материала. При этом в элементарной площадке соприкосновения колков 3 с листовым материалом возникают силы, способствующие расправке складок листового материала, направленные в сторону наклона колков 3. При этом наличие наклона колков 3 от линии пересечения наклонных частей подвижной опоры 7 к ее краям обеспечивает расправку складок обрабатываемого листового материала в поперечном относительно струн направлении. При подъеме подвижной опоры 7 силы расправки увеличиваются за счет упругости колков 3.

Симметричное расположение упругих наклонных колков 3 относительно продольной оси струнного транспортера позволяет расправлять складки листового материала по всем направлениям относительно линии пересечения наклонных частей подвижной опоры 7.

При работе устройства, когда $\gamma = 0$, складки обрабатываемого листового материала по направлениям струн 2 перемещаются на равные расстояния посредством упругих колков 3. При $\gamma > 0$ перемещения складок листового материала увеличиваются от выходного участка струнного транспортера к входному. Значения γ подбирается в зависимости от физико-механических свойств и коэффициента расправляемости листового материала. Это позволяет интенсифицировать процесс и улучшить качество расправки.

Кроме циклических движений подвижной опоры 7, высота и угол наклона колков 3 определяют эффективность расправки складок листового материала. Упругость колков 3 зависит от физико-механических свойств листового материала, а их геометрические размеры определяются с учетом коэффициента расправляемости K . Коэффициент расправляемости представляет собой увеличение площади листового материала, т.е. разность между его площадью в расправленном положении H_1 и в нерасправленном (со складками) H_2 , отнесенную к площади листового материала в нерасправленном положении H_2 [7], т.е.

$$K = \frac{H_1 - H_2}{H_2},$$

где K определяется экспериментально. К примеру, для кожполуфабриката, с учетом его влажности W , коэффициент расправляемости K определяется из эмпирической зависимости

$$K = \frac{0,32W - 14,57}{W - 34,82}.$$

Для овчины хромового дубления при $W = 70$ $K = 0,22$ [7].

В устройстве (см. рис. 1) для создания колебательных движений применен пятизвенный кривошипно-коромысловый механизм с двумя степенями свободы [8].

Для выбора режимов и параметров устройства рассмотрим движение механизма в неподвижной системе декартовых координат Oxy (рис. 2). Для определения движения точки M механизма проведем подвижную систему координат $O'x'y'$ с началом в точке O' и ось абсцисс направим по $O'O''$.

В общем случае координаты точек в неподвижной системе координат Oxy через подвижные системы координат $O'x'y'$ пишутся [9] (см. рис. 2):

$$\begin{cases} x = x' \cos \alpha - y' \sin \alpha + l_2 \cos \varphi_2, \\ y = x' \sin \alpha + y' \cos \alpha + l_2 \sin \varphi_2. \end{cases} \quad (1)$$

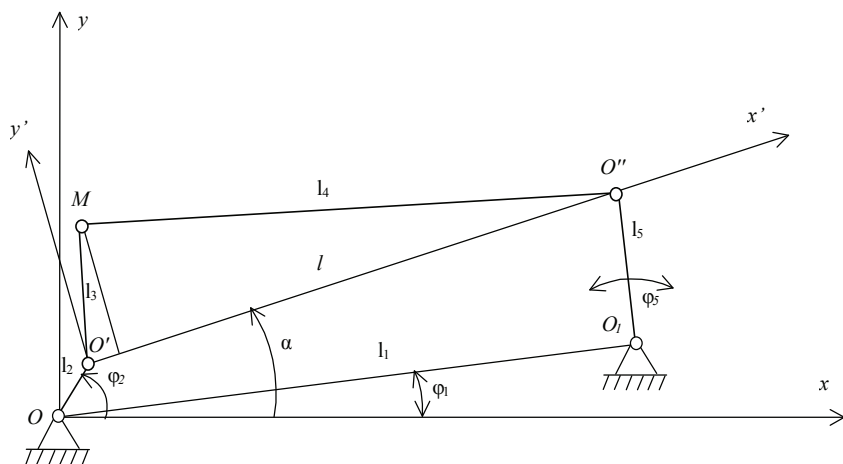


Рис. 2 К моделированию механизма расправки складок листового материала

Выделим контур $O'O''M$ и представим его стороны в виде векторов. С учетом условия замкнутости векторов имеем

$$\mathbf{l}_3 + \mathbf{l}_4 = \mathbf{l}, \quad (2)$$

где величина \mathbf{l} определяется из соотношения

$$l = \sqrt{(x_4 - x_2)^2 + (y_4 - y_2)^2}. \quad (3)$$

Из рис. 2 получаем

$$\begin{cases} x_2 = l_2 \cos \varphi_2, \\ y_2 = l_2 \sin \varphi_2, \\ x_4 = l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5, \\ y_4 = l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5. \end{cases} \quad (4)$$

Также из рис. 2 имеем

$$\begin{cases} l \cos \alpha = x_4 - x_2, \\ l \sin \alpha = y_4 - y_2. \end{cases}$$

Отсюда получаем

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{x_4 - x_2}{l}, \\ \sin \alpha = \frac{y_4 - y_2}{l}. \end{cases} \quad (5)$$

Теперь определим координаты точки M основного исполнительного органа – подвижной опоры 7 на подвижной системе координат $O'x'y'$ из рис. 2 [10]:

$$\begin{cases} x'_3 = \sqrt{l_3^2 - y_3'^2}, \\ y'_3 = \frac{2\sqrt{\rho(\rho-l)(\rho-l_3)(\rho-l_4)}}{l}, \end{cases} \quad (6)$$

где $\sqrt{\rho(\rho-l)(\rho-l_3)(\rho-l_4)}$ – площадь контура $O'O''M$,

$$\rho = \frac{l+l_3+l_4}{2}. \quad (7)$$

Подставляя (3) и (4) в (7), получим

$$\rho = \frac{\sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2 + l_3 + l_4}}{2}, \quad (8)$$

подставляя также (3), (4) и (8) во второе уравнение системы (6), получим

$$y'_3 = \frac{2 \sqrt{\left(\frac{1}{2} \sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2 + l_3 + l_4} \right)^2 \times \dots}{\sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2} \dots} \times \left(\frac{1}{2} \sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2} + l_3 + l_4 - \dots \right) \times \frac{\dots}{\dots} \times \left(\frac{1}{2} \sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2} + l_4 \dots \right) \dots \quad (9)$$

Получили функциональные зависимости вида

$$\begin{cases} x'_3 = x'_3(\varphi_2, \varphi_5), \\ y'_3 = y'_3(\varphi_2, \varphi_5). \end{cases}$$

Таким образом, в общем случае координаты любой точки звеньев l_3 и l_4 определяются углами φ_2 и φ_5 , т.е.

$$\begin{cases} x' = x'_3(\varphi_2, \varphi_5), \\ y' = y'_3(\varphi_2, \varphi_5). \end{cases} \quad (10)$$

Далее, подставляя (4) в (3), получим

$$l = \sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2}. \quad (11)$$

Подставляя (4) и (11) в (5), получим

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2}}, \\ \sin \alpha = \frac{l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2}{\sqrt{(l_1 \cos \varphi_1 + l_5 \cos \varphi_5 - l_2 \cos \varphi_2)^2 + (l_1 \sin \varphi_1 + l_5 \sin \varphi_5 - l_2 \sin \varphi_2)^2}}. \end{cases} \quad (12)$$

Обозначая $\cos \alpha = f_1(t)$, $\sin \alpha = f_2(t)$ и подставляя (12) и (10) в (1), получим функцию положения точки M механизма в неподвижной системе координат относительно углов φ_2 и φ_5 :

$$\begin{cases} x = x'(\varphi_2, \varphi_5) f_1(\varphi_2, \varphi_5) - y(\varphi_2, \varphi_5) f_2(\varphi_2, \varphi_5) + l_2 \cos \varphi_2, \\ y = x'(\varphi_2, \varphi_5) f_2(\varphi_2, \varphi_5) - y(\varphi_2, \varphi_5) f_1(\varphi_2, \varphi_5) + l_2 \sin \varphi_2. \end{cases} \quad (13)$$

По полученным формулам в математической среде Mathcad [11] построены графические зависимости, которые приведены на рис. 3 – 5.

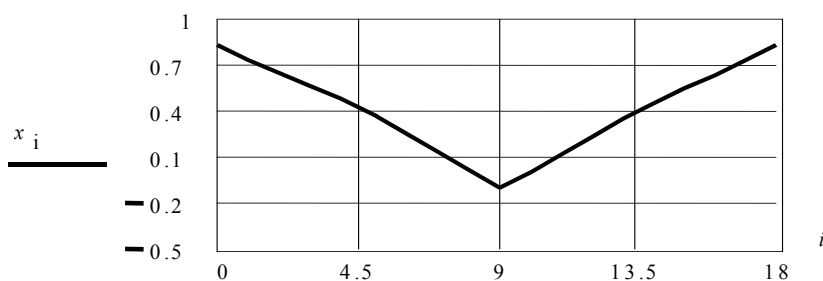


Рис. 3 График изменения $x(\varphi_2, \varphi_5)$:

при $l_1 = 1,1$; $l_2 = 0,1$; $l_3 = 0,8$; $l_4 = 0,1$; $l_5 = 0,6$; $\varphi_1 = \pi/18$; $\varphi_2 = 0 \dots 2\pi$; $\varphi_5 = \pi/2 \pm \pi/18$

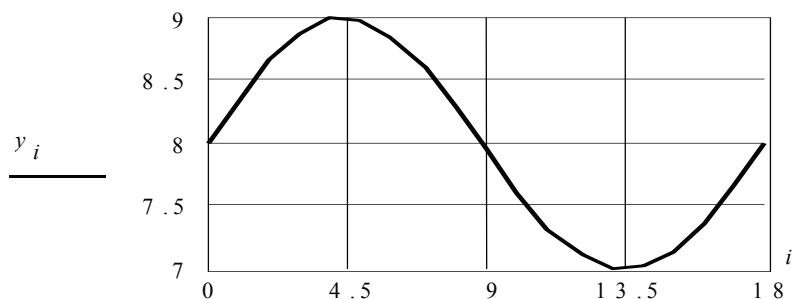


Рис. 4 График изменения $y(\varphi_2, \varphi_5)$:

при $l_1 = 1,1$; $l_2 = 0,1$; $l_3 = 0,8$; $l_4 = 0,1$; $l_5 = 0,6$; $\varphi_1 = \pi/18$; $\varphi_2 = 0 \dots 2\pi$; $\varphi_5 = \pi/2 \pm \pi/18$

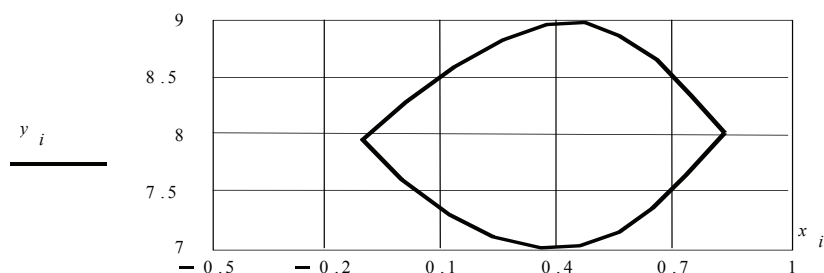


Рис. 5 График изменения $x(\varphi_2, \varphi_5)$ от $y(\varphi_2, \varphi_5)$

На рис. 3 – 5 показаны графики соответствующие одному полному периоду движения точки M при определенных параметрах механизма расправки. Здесь траектории точки M определены по заданным законам движения входных звеньев, т.е. кривошипа l_2 и коромысла l_5 . Варьируя геометрическими и кинематическими параметрами в математической среде MathCAD можно получить различные законы движения точки M , или же решая обратную задачу [8], т.е., задаваясь координатами точки M можно получить кинематические параметры входных звеньев.

Таким образом, из инженерных расчетов подбираются геометрические размеры подвижной опоры 7, кривошипа 9, шатуна 8 и коромысла 6. Законы движения кривошипа 9 и коромысла 6 можно определить экспериментально или по заранее заданному закону движения подвижной опоры 7. Также законы движения кривошипа 9 и коромысла 6 можно взаимосвязать с помощью передаточного механизма с заранее заданными зависимостями; при этом закон их движения выразится через угол вращения или поворота одного из них [8].

Список литературы

1. Афанасьев В.В., Веницкий Д.Б. Повышение эффективности использования оборудования кожевенных заводов. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 144 с.
2. Джалилов А.Х., Досхожаев Д.Т., Мынбаев М.Т. Автоматизированное оборудование и средства робототехники в легкой промышленности. Алма-Ата: “Рауан”, “Демеу”, 1994. – 26 с.
3. Бахадиров Г.А. Механизмы транспортирования и расправления кожполуфабриката. Техника машиностроения. – 2002. – № 2. – С. 10 – 14.
4. Справочник кожевника (Оборудование) / Большаков П.А., Веницкий Д.Б., Копейкин В.С. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 312 с.
5. Фомин Ю.Г., Кузнецов Г.К., Киселев И.А. Конструкция и расчет механизмов валковых машин для обработки тканей. – Иваново: Ив. Гос. текстильная академия, 1994. – 196 с.
6. А.с. №1756360 (СССР). Устройство для транспортировки и расправки листового материала в зону обработки / Г.А.Бахадиров. – 1992. – Б.И. № 31.
7. Бахадиров Г.А. Экспериментальное определение коэффициента расправляемости кожполуфабриката. Узбекский журнал. Проблемы механики. – 2000. – №1. – С. 91 – 94.
8. Rizaev A.A., Bahadirov G.A., Malikov R.H. Kinematical Investigations of the Five-Link Lever Mechanism. Contemporary Research in Theoretical and Applied Mechanics Proceedings. 14th National Congress of Theoretical and Applied Mechanics. ISBN 0-9721257-0-1. Applied Dynamic 3 session (W2M). (June 23-28, 2002), USA, Blacksburg, Virginia Polytechnic Institute and State University, pp. 507 – 508.
9. Ефимов Н.В. Краткий курс аналитической геометрии. – М.: Наука, 1975. – 72 с.
10. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. – М. Наука, 1964. – 608 с.
11. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 7.0 в математике, физике и в Internet. – М., 1998. – 327 с.

Research of Mechanism of Sheet Materials Straightening

G.A. Bakhadirov

*Institute of Mechanics and Seismo-Resistance of Structures
after M.T. Urazbaev AS RUz, Tashkent*

Key words and phrases: crank-rocker mechanism; sheet material; straightening mechanism; hipped plate straightening; degree of freedom; string conveyor.

Abstract: The device for transporting and straightening sheet materials to the processing zone on the basis of five-unit crank-rocker mechanism with two degrees of freedom is examined. Coordinates of moving base, which is the key working part of the device are determined in general. Graphic dependencies in mathematical medium MatchCAD are made.

Untersuchung des Mechanismus der Glättung von Blechstoffen

Zusammenfassung: Es wird die Einrichtung für die Transportierung und die Glättung von Blechstoffen in die Bearbeitungszone aufgrund des fünfgliedrigeren Bogenschubkurbeltriebes mit den zwei Beweglichkeitsgraden untersucht. Die Koordinaten des Gleitlagers, das als Hauptbetriebsorgane dieser Einrichtung gilt, sind bestimmt. Es sind die graphischen Abhängigkeiten im mathematischen Medium MathCAD aufgebaut.

Etude du mécanisme du déroulage des tôles

Résumé: Est étudié le dispositif pour le transport et le déroulage des tôles dans la zone du traitement à la base du mécanisme à manivelle et à levier oscillant à cinq éléments avec deux degrés de liberté. Dans le cas général sont définies les coordonnées de l'appui mobile qui est l'organe essentiel de travail du dispositif. Sont construites les dépendences graphiques dans le milieu mathématique MathCAD.
