

*Scientific Research Centre
"MachineStructure"*

CreateSpace, An Amazon Company



ISSN 2474-5901

Journal of Advanced Research in Technical Science

Issue 4

North Charleston, USA, 2017

Journal of Advanced Research in Technical Science. –

North Charleston, USA: SRC MS, CreateSpace. –

2017. – Issue 4. – 77 p.

ISSN 2474-5901

Themes of journal: 1) Mechanical engineering and engineering science; 2) Mathematics and mechanics; 3) Mechatronics and robotics; 4) Transport, mining and construction machinery; 5) Power, metallurgical and chemical engineering; 6) Aviation, rocket and space technology; 7) Shipbuilding; 8) Instrument making, Metrology and information-measuring devices and systems; 9) Radio engineering and communications; 10) Electrical and Electronics; 11) Informatics, computer engineering and management; 12) Engineering geometry and computer graphics; 13) Materials science; 14) Technology of food products; 15) Technology of materials and products textile and light industry; 16) Technology, machinery and equipment of Agroengineering systems; 17) Construction and architecture; 18) Safety of human activities; 19) Education in mechanical engineering; 20) Economics of engineering production.

Editor in Chief:

Ivan A. Zhukov – Siberian state industrial university. Department of mechanics and mechanical engineering

Deputy Editor:

Vyacheslav E. Yukhnov – Tomsk State University of Architecture and Building. Department of heat and gas supply

Editorial Board:

Ildar S. Barmanov – Samara national research university. Department of machine design

Elena S. Gebel – Omsk state technical university. Department of automation and robotics

Vladimir M. Demin – Siberian state industrial university. Department of mechanics and mechanical engineering

Azamat K. Djamankulov – Kyrgyz-Russian Slavic university. Department of mechanics

Pavel A. Koporushkin – Ural federal university. Department of information technologies and design automation

Oleg S. Krol – Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University. Department of engineering, machines and tools

Copyright © 2017 Authors, SRC MS

All rights reserved.

ISBN: 1544978553 ; ISBN-13: 978-1544978550

CONTENTS

Mechanical engineering and engineering science

Shevchenko S.V., Krol O.S. Cam-disc clutch with increased lifting capacity	5
Vodolazskaya N.V. Development of a design procedure of tooling parameters for test of the assembly equipment	11
Borisov M.A., Dement'ev D.A., Mishin V.A. Method electroerosive hard to reach surfaces	15
Fedorov V.A., Malyshev I.E. Evaluation of the influence of the parameters of the setting of the loading devices on productivity based on the calculation of the criteria for the Spirmen ranking correlation	17
Rudovsky P.N., Palochkin S.V. Synthesis of the cam mechanism of the pickup thread for rescrutiny roving machine	21
Eremiants V.E. Dynamics of crank-rocker impact mechanisms	30
Zorina M.M., Tsai V.N., Terentyev E.A. Efficiency of the use of the method "double etching" for processing of solid alloys without tungsten.....	36
Ershov D.Yu., Lukyanenko I.N. Causes of dynamic processes in technological systems of mechanical processing.....	39

Mathematics and mechanics

Garanikov V.V. Research complex load removal an flexure variable trajectory.....	44
---	----

Mechatronics and robotics

Sinegub A.V., Podlesnyi V.S., Serikov S.A. Development of the robotic reconnaissance and rescue complex.....	47
---	----

Transport, mining and construction machinery

Remizovich Yu.V., Abdulaeva O.V. Controlled low-speed step of the reducer.....	51
Zenkov S.A., Kirichenko O.P., Mineev D.A. Reducing adhesion of soil to the earth-moving machines using piezoceramic transducers	56

Informatics, computer engineering and management

Shestak Ya.V., Ogby J., Oksiuk A.G. Contemporary trends security data centers against cyber attacks 59

Semenov V.I., Khristoforov O.V., Chuchkalov S.I. Calculating the standard deviation of the size of objects in an image..... 62

Materials science

Kidalov N.A., Gabelchenko N.I., Meshcheriakova O.A. Research of defective shaped cast steel from structural alloy steel 12DN2FL 65

Grebnev Y.V., Karnova E.Yu., Zharkova V.F., Brichkovsky A.S., Kucherenko E.V. Investigation of dependence of mechanical properties of low-carbon steel from chemical composition 68

Construction and architecture

Loginov G.I. Uniform flow water flows on a plot of open channels..... 71

ДИНАМИКА КРИВОШИПНО-КОРОМЫСЛОВЫХ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Еремьянц В.Э.

Ключевые слова: кривошипно-коромысловый ударный механизм, коэффициент восстановления скорости при ударе, динамика механизма.

Аннотация. Составлена математическая модель виброударной машины с кривошипно-коромысловым ударным механизмом. Получено решение уравнений его движения с учетом коэффициента восстановления скорости коромысла при ударе по ограничителю.

DYNAMICS OF CRANK-ROCKER IMPACT MECHANISMS

Eremiants V.E.

Keywords: crank-rocker impact mechanism, coefficient of speed recovery at the impact, dynamics of mechanism.

Abstract. The mathematical model of the vibro-impact machine with a crank-rocker impact mechanism is compiled. The solution of the equations of its motion is obtained with allowance for the coefficient of restoration of the speed of the rocker during impact on the limiter.

В Институте машиноведения НАН КР на протяжении ряда лет разрабатываются кривошипно-коромысловые ударные механизмы с особыми положениями звеньев (рисунок 1а) [1]. Они состоят из кривошипа 1, шатуна 2 и коромысла 3, длины которых удовлетворяют условию:

$$l_1 + l_2 = l_0 + l_3,$$

где l_1, l_2, l_3 – длины звеньев соответственно кривошипа, шатуна и коромысла; l_0 – расстояние между опорами кривошипа и коромысла.

Особенностью этого механизма является то, что в начальном положении при угле поворота кривошипа φ , равном нулю, все звенья располагаются на одной линии. Это положение называется особым.

При вращении кривошипа против часовой стрелки коромысло также вращается против часовой стрелки, пока не достигнет крайнего положения, в котором кривошип и шатун располагаются на одной линии. Затем коромысло начинает движение по часовой стрелке и при угле поворота кривошипа, равном 2π , возвращается в особое положение.

Далее, если коромысло не встречает ограничитель, оно продолжает движение по часовой стрелке. В противном случае, ударяясь об ограничитель, оно отскакивает от него и движется против часовой стрелки, и затем весь цикл повторяется.

Кинематическая передаточная функция первого порядка от коромысла к кривошипу имеет вид [2]:

$$u_{31} = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{1}{d} \left[1 - \lambda_0 + 2\lambda_0 \sin^2(\varphi/2) + \frac{[2\lambda_0 \sin^2(\varphi/2) + \lambda_2(\lambda_0 - 1)] \cos(\varphi/2)}{\sqrt{(\lambda_2 \lambda_3 / \lambda_0 - \sin^2(\varphi/2))}} \right], \quad (1)$$

где ω_1, ω_3 – угловые скорости соответственно кривошипа и коромысла,

$$d = 1 + \lambda_0^2 - 2\lambda_0 \cos \varphi; \quad \lambda_0 = l_0 / l_1; \quad \lambda_2 = l_2 / l_1; \quad \lambda_3 = l_3 / l_1.$$

График этой функции показан рисунке 1б.

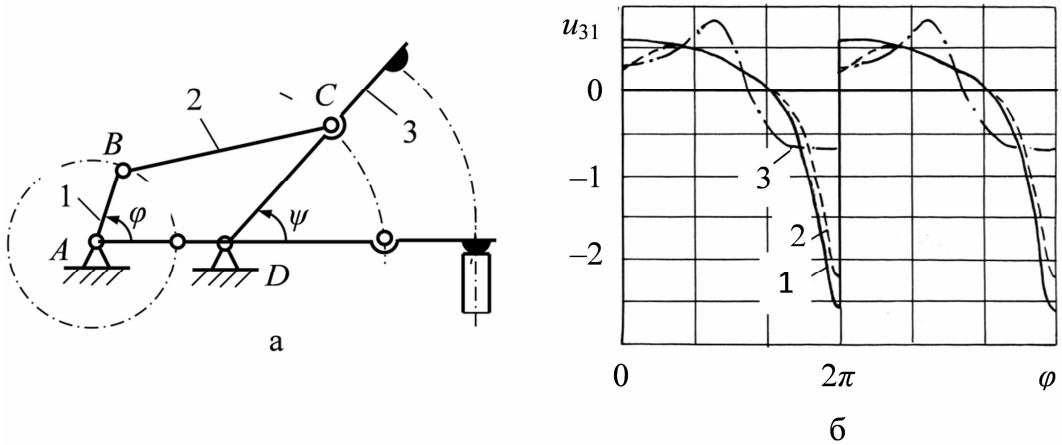


Рис. 1. Кривошипно-коромысловый ударный механизм

На нем видно, что к моменту удара по ограничителю скорость коромысла, а, следовательно, и его кинетическая энергия, наибольшая. Это обстоятельство, а также то, что после удара коромысло может двигаться в сторону противоположную начальному движению, и послужило основанием для создания виброударных машин на основе таких механизмов.

На рисунке 1б видно также, что передаточная функция скачком изменяется от величины u_{31-} перед ударом до u_{31+} после удара. Из формулы (1) следует:

$$u_{31-} = u_{31}(2\pi) = \frac{1 - \sqrt{\lambda_2 \lambda_0 / \lambda_3}}{1 - \lambda_0}; \quad u_{31+} = u_{31}(0) = \frac{1 + \sqrt{\lambda_2 \lambda_0 / \lambda_3}}{1 - \lambda_0}. \quad (2)$$

Отношение

$$R_k = -\frac{u_{31+}}{u_{31-}} \quad (3)$$

в работе [3] названо коэффициентом кинематического восстановления скорости коромысла по аналогии с известным коэффициентом восстановления скорости при ударе:

$$R = -\frac{\omega_{3+}}{\omega_{3-}}. \quad (4)$$

Так как

$$\omega_{1-} = \frac{\omega_{3-}}{u_{31-}}; \quad \omega_{1+} = \frac{\omega_{3+}}{u_{31+}},$$

то изменение скорости кривошипа вследствие удара определится как

$$\frac{\omega_{1+}}{\omega_{1-}} = \frac{\omega_{3+}}{u_{31+}} \cdot \frac{u_{31-}}{\omega_{3-}} = \frac{R}{R_k}; \quad \omega_{1+} = \frac{R}{R_k} \omega_{1-}. \quad (5)$$

Из последней формулы следует, что при выполнении условия $R = R_k$ скорость кривошипа при ударе не изменяется. Кривошип как бы «не чувствует» удара.

Если $R > R_k$, то после удара скорость кривошипа скачком возрастает, а если $R < R_k$, то уменьшается.

В кривошипно-коромысловых ударных механизмах масса и момент инерции коромысла намного больше момента инерции шатуна и последним можно пренебречь. Допустим, что все звенья кривошипно-коромыслового механизма жесткие. Тогда модель кривошипно-коромысловой виброударной машины можно представить в виде системы с двумя степенями свободы (рисунок 2 а).

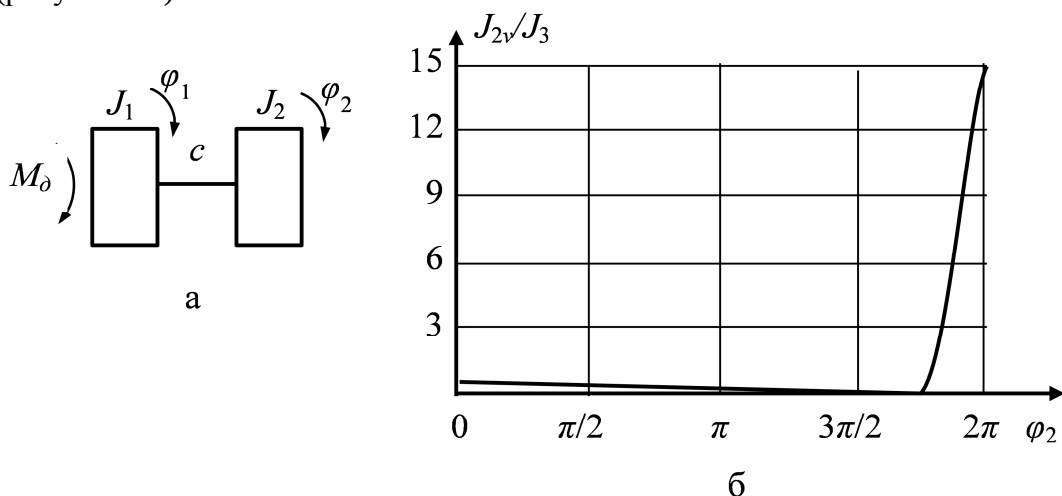


Рис. 2. Модель кривошипно-коромысловой виброударной машины

В этой модели момент инерции первой массы включает моменты инерции двигателя, звеньев, расположенных на его валу, и часть звеньев передаточного механизма. При использовании роторного двигателя момент инерции этой массы постоянный – $J_1 = \text{const}$.

Момент инерции второй массы включает моменты инерции кривошипно-коромыслового механизма и части передаточного механизма. Он состоит из постоянной составляющей J_{20} и переменной составляющей J_{2v} , которая связана с приведенным к кривошипу моментом инерции коромысла.

Упругая связь с коэффициентом жесткости c моделирует податливость передаточного механизма от двигателя к кривошипу. Обобщенная координата φ_1 соответствует углу поворота вала двигателя, приведенному к кривошипу, а координата φ_2 – углу поворота кривошипа.

Все параметры модели приведены к кривошипу. Приведенный момент инерции коромысла определяется как

$$J_{2v} = J_3 u_{31}^2,$$

и является функцией угла поворота кривошипа.

График этой функции для механизма с относительными размерами звеньев: $\lambda_0 = 1,625$, $\lambda_2 = 3,125$, $\lambda_3 = 2,5$, характерных для существующих машин, показан на рисунке 26.

На интервале $0 < \varphi_2 < \varphi_0$ приведенный момент инерции коромысла пренебрежимо мал и не превышает 2% от максимального значения этого момента. В дальнейшем на этом интервале он принимается равным нулю. На интервале $\varphi_0 < \varphi_2 < 2\pi$ зависимость приведенного момента инерции коромысла близка к линейной и аппроксимируется функцией:

$$J_{2v}(\varphi_2) = J_{3u_{31-}}^2 \left(\frac{\varphi_2 - \varphi_0}{2\pi - \varphi_0} \right). \quad (6)$$

Силами трения в модели можно пренебречь. Тогда при движении коромысла между ударами силы сопротивления равны нулю.

Уравнения движения рассматриваемой системы записываются в виде:

$$J_1 \ddot{\varphi}_1 + c(\varphi_1 - \varphi_2) = M_\partial; \quad (7)$$

$$J_2 \ddot{\varphi}_2 - c(\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{1}{2} \frac{dJ_2}{d\varphi_2} \cdot \dot{\varphi}_2^2 = 0, \quad (8)$$

где M_∂ – крутящий момент на валу двигателя, приведенный к кривошипу.

Выделим в уравнении (8) постоянную J_{20} и переменную J_{2v} части момента инерции J_2 , и перепишем это уравнение в виде:

$$J_{20} \ddot{\varphi}_2 + c\varphi_2 = c\varphi_1 - \frac{1}{2} \frac{dJ_{2v}}{d\varphi_2} \cdot \dot{\varphi}_2^2 - J_{2v} \ddot{\varphi}_2. \quad (9)$$

На интервале $0 < \varphi_2 < \varphi_0$ имеем: $J_{2v}(\varphi_2) = 0$, $dJ_{2v}/d\varphi_2 = 0$. Если в качестве приводного двигателя используется асинхронный трехфазный электродвигатель, то можно принять скорость его вала постоянной и равной ω_{10} . Тогда уравнение (9) можно записать так:

$$\ddot{\varphi}_2 + k^2 \varphi_2 = k^2 \omega_{10} t, \quad (10)$$

где $k^2 = c / J_{20}$.

Его решением при начальных условиях

$$\varphi_2(0) = 0; \quad \dot{\varphi}_2(0) = \omega_{20}; \quad \omega_{20} = \frac{R}{R_k} \omega_2(2\pi) \quad (11)$$

являются функции:

$$\varphi_2(t) = \omega_{10} t - \frac{1}{k} (\omega_{10} - \omega_{20}) \sin kt; \quad (12)$$

$$\dot{\varphi}_2(t) = \omega_{10} - (\omega_{10} - \omega_{20}) \cos kt. \quad (13)$$

Полученное решение справедливо до момента времени t_0 , пока угол поворота кривошипа не достигнет значения φ_0 . Этот момент можно найти численно из уравнения (12) после приравнивания его к φ_0 .

Значения угла поворота кривошипа и его угловой скорости в момент времени t_0 являются начальными условиями для следующего интервала движения. Запишем их в виде:

$$\varphi_2(\varphi_0) = \varphi_{v0}; \quad \dot{\varphi}_2(\varphi_0) = \omega_{v0}; \quad J_{2v}(\varphi_0) = 0; \quad J_2(\varphi_0) = J_{20}. \quad (14)$$

Для определения закона движения кривошипа на следующем интервале времени введем новую переменную:

$$z = J_2 \omega_2^2; \quad \frac{dz}{d\varphi_2} = \frac{dJ_2}{d\varphi_2} \omega_2^2 + 2J_2 \dot{\omega}_2.$$

Из последней формулы следует, что производная от z по углу поворота кривошипа равна удвоенному значению левой части уравнения (8) без упругого момента. Отсюда следует уравнение с разделяющимися переменными:

$$dz = 2c(\varphi_1 - \varphi_2)d\varphi_2. \quad (15)$$

Интегрируя его, заменяя z его выражением через угловую скорость ω_2 и используя для определения постоянной интегрирования начальные условия (14), получим:

$$\omega_2(\varphi_2) = \sqrt{\frac{1}{J_2} \left[J_{20} \omega_{v0}^2 + 2c\varphi_1(\varphi_2 - \varphi_0) - c(\varphi_2^2 - \varphi_0^2) \right]}. \quad (16)$$

В начальный момент удара коромыслом по ограничителю угловая скорость кривошипа определится как:

$$\omega_2(2\pi) = \sqrt{\frac{1}{(J_{20} + J_3 u_{31-}^2)} \left[J_{20} \omega_{v0}^2 + 2c\varphi_1(2\pi - \varphi_0) - c(4\pi^2 - \varphi_0^2) \right]}, \quad (17)$$

а после удара:

$$\omega_2(0) = \omega_{20} = \frac{R}{R_k} \omega_2(2\pi). \quad (18)$$

Это значение является начальным условием по скорости для следующего цикла движения. Необходимо обратить внимание на то, что в данной модели каждый цикл начинается с нулевого значения угла поворота кривошипа.

Для определения закона движения механизма в установившемся режиме можно использовать метод последовательного приближения. В первом цикле движения начальные условия по скорости кривошипа принимаются равными нулю и последовательно, по приведенным выше формулам, определяется скорость кривошипа перед ударом (17). Затем, с использованием формулы (18), находится начальное условие по скорости для второго цикла движения и т.д., пока значения скорости кривошипа перед ударом коромыслом по ограничителю в последующем цикле будут отличаться от скорости в предыдущем цикле на заданную величину.

После определения перемещения кривошипа по формуле (7) находится момент на валу двигателя с учетом принятого допущения о постоянстве скорости вала.

$$M_d = c(\varphi_1 - \varphi_2).$$

Полученные формулы позволяют проводить анализ влияния коэффициента восстановления скорости коромысла после удара на динамику кривошипно-коромыслового ударного механизма и его энергию удара.

Список литературы

1. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. – Бишкек: Илим, 1993. – 179 с.
2. Еремьянц В.Э. К определению передаточных функций кривошипно-коромысловых ударных механизмов //Сб. научн. тр. Института машиноведения НАН КР. Вып. 2. Бишкек: Илим, 2000. – С. 79-84.
3. Фокин Ю.А. Передаточные отношения и коэффициенты кинематического восстановления скорости четырехзвенных кривошипных ударных механизмов. – Бишкек: Издательский дом «Кыргызстан», 1999. – С. 145-152.

Reference

1. Abdraimov S., Djumataev M.S. Swivel-lever mechanisms of variable structure. – Bishkek: Ilim, 1993. – 179 p.
2. Eremjants V.E. To the determination of the transfer functions of the crank-rocker impact mechanisms // Collection of proceedings of the Institute of Engineering Science of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. Issue 2. Bishkek: Ilim, 2000. – P. 79-84.
3. Fokin Yu.A. Transmission ratios and coefficients of kinematic recovery of the speed of four-link crank impact mechanisms. Bishkek: Publishing House "Kyrgyzstan", 1999. – P. 145–152.

Еремьянц Виктор Эдуардович – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Механика», Кыргызско-Российский Славянский университет, г.Бишкек, Кыргызская Республика	Eremjants Victor Eduardovich – Doctor of Technical Science, Professor, Professor of department “Machanics”, Kyrgyz-Russian Slavic University, Bishkek, Kyrgyz Republic
---	---

Received 20.03.2017

Scientific periodical issue

ISSN 2474-5901

Journal of Advanced Research in Technical Science

Issue 4

ISBN: 1544978553 ; ISBN-13: 978-1544978550

Founder: Elena V. Zhukova.

Editorial: Scientific Research Centre «MachineStructure».

Editor in chief: Ivan A. Zhukov.

Printed by CreateSpace, Charleston SC.

Publication Date: 28.03.2017.

Title ID: 7044432

Trim Size: 7" x 10" (17.78 x 25.4 cm).

Number of copies: 50 min.

North Charleston, USA:

Scientific Research Centre «MachineStructure», CreateSpace
2017