

РЕДУКТОР ШАРНИРНО – РЫЧАЖНЫЙ

Мудров А.Г.

*Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г.Казань*

Ключевые слова: редуктор, шарнирно-рычажные звенья, кривошипы ведущий и ведомый, передаточное отношение.

Аннотация. Редуктор относится к области машиностроения, конкретно к редукторным механизмам, которые изготавливаются преимущественно в виде различных зубчатых колес. Предложена конструкция редуктора с передаточным отношением, равным трем, но выполнена с особым кинематическим сочетанием рычажных звеньев. Соединения звеньев осуществлены на стандартных подшипниках качения или скольжения. Геометрические оси вращения валов ведущего и ведомого кривошипов расположены под прямым углом, а оси шарниров других звеньев скрещены под разными углами, при этом выходное звено редуктора имеет переменную угловую скорость вращения. Редуктор шарнирно-рычажный может быть использован в машинах-автоматах многих отраслей промышленности.

В различных машинах и устройствах для передачи и изменения движения используются различные конструкции редукторов: зубчатые прямозубые, косозубые, конические, червячные и комбинированные. Как правило, выходные валы зубчатых редукторов имеют вращение с постоянной угловой скоростью. Однако в системах управления поточных линий, в робототехнике, в машинах-автоматах многих отраслей промышленности и других устройствах необходимо передавать движение между скрещивающимися осями валов, к тому же с переменной угловой скоростью, а звенья должны совершать сложные движения по определенным законам. Зубчатые редукторы не могут обеспечить сложное пространственное движение звеньев с переменными законами движения. Для образования сложного движения могут быть использованы пространственные механизмы со скрещенными осями шарниров звеньев, в составе которых только вращательные кинематические пары на подшипниках качения или скольжения.

Количество таких механизмов исчислялось единицами: был описан семизвенный механизм, который до сих пор не изготовлен и не нашел практического применения. Попытки создать другие пространственные механизмы оказались безуспешными, звенья у них не проворачивались и не были работоспособны.

В 1903 г. английским математиком Беннеттом была опубликована статья о четырехзвенном механизме такого типа, параметры его звеньев и их взаимосвязь [1]. Автор пытался изготовить модель механизма, но она оказалась неработоспособной и он признал неперспективность использования механизма в технике. Эту дату можно назвать *первым рождением механизма*, впоследствии названный «механизмом Беннетта».

Многие отечественные и зарубежные ученые исследовали этот механизм, но только теоретически по проверки условий существования, но ни одному из них не удалось изготовить хотя бы работоспособную модель механизма, не говоря уже о внедрении натурного образца в производство.

Вторым рождением механизма является изготовление модели, натурального образца и производственного устройства через 75-80 лет. Всё это сделано профессором Б.В. Шитиковым [2]. На базе механизма Беннетта-Шитикова нами создан шарнирно-рычажный редуктор [3].

Редуктор (рис. 1 и рис. 2) содержит стойку 1, ведущий 2 и ведомый 3 кривошипы, шарнирно связанные со стойкой 1, шатуны 4 и 5, шарнирно связанные соответственно с ведущим 2 и ведомым 3 кривошипами, промежуточное звено 6, шарнирно связанное с шатунами 4 и 5.

Промежуточное звено 6 имеет угол скрещивания α_6 осей шарниров, равный сумме угла скрещивания α_2 осей шарниров ведущего кривошипа 2 и угла скрещивания α_4 осей шарниров шатуна 4 ведущего кривошипа, т.е. $\alpha_6 = \alpha_2 + \alpha_4$, а длина ℓ_6 его равна сумме длин ℓ_2 ведущего кривошипа 2 и длины ℓ_4 шатуна 4 ведущего кривошипа, т.е. $\ell_6 = \ell_2 + \ell_4$; длина ℓ_5 шатуна 5 ведомого кривошипа 3 равна произведению длины ℓ стойки 1 на синус угла α_5 скрещивания осей шарниров шатуна 5 ведомого кривошипа 3, т.е. $\ell_5 = \ell \cdot \sin \alpha_5$; синус угла α_3 скрещивания осей шарниров ведомого кривошипа 3 равен отношению длины ℓ_3 его кривошипа к длине ℓ стойки 1, т.е. $\sin \alpha_3 = \ell_3 / \ell$; связь между параметрами звеньев механизма определяется выражением,

$$\ell_2 / \sin \alpha_2 = \ell_3 / \sin \alpha_3 = \ell_4 / \sin \alpha_4 = \ell_5 / \sin \alpha_5 = \ell, \quad (1)$$

здесь углы скрещивания осей шарниров: α_2 ведущего кривошипа 2, шатуна 4 ведущего кривошипа 2 - α_4 , шатуна 5 ведомого кривошипа 3 - α_5 и ведомого кривошипа 3 - α_3 связаны неравенством $\alpha_3 < \alpha_5 < \alpha_4 < \alpha_2$. Угол α_2 может принимать значения в пределах $170 \dots 150^\circ$. Угол скрещивания осей шарниров стойки 1 равен 90° , расстояние между ними равно ℓ .

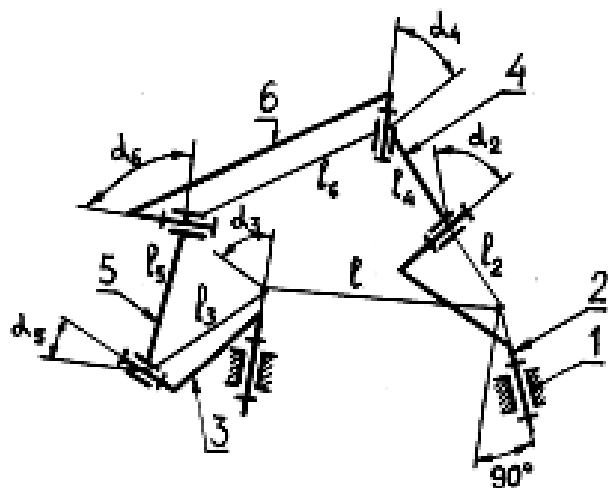


Рис. 1. Схема механизма редуктора

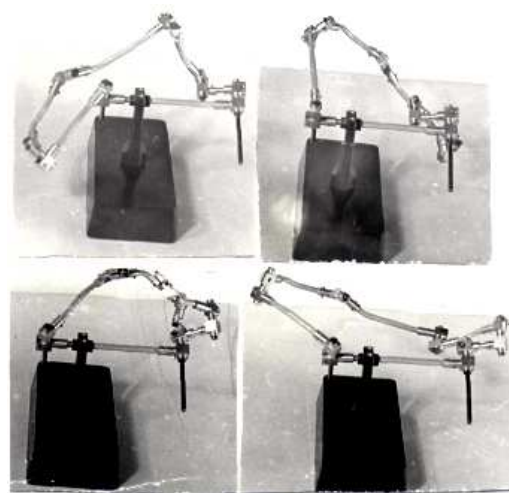


Рис. 2. Фото модели механизма

Все соединения звеньев редуктора выполнены на вращательных шарнирах, оформляемых на моделях подшипниками скольжения (как на рис. 1 и 2), или на подшипниках качения в производственных машинах - автоматах и устройствах. Длины звеньев в механизме определяются кратчайшими расстояниями между геометрическими осями их шарниров. Углы скрещивания отсчитываются против часовой стрелки от оси шарнира, обращенного к наблюдателю. (Скрещивающиеся геометрические оси шарниров - это оси, которые не параллельны и нигде не пересекаются.)

Редуктор работает следующим образом.

При вращении кривошипа 2 движение передается ведомому кривошипу 3 через шатун 4, промежуточное звено 6, и шатун 5. При этом за три оборота ведущего кривошипа 2 ведомый кривошип 3 делает один оборот. Скорость ведомого кривошипа является переменной, поэтому передаточное отношение, равное трем, нужно считать усредненным. Предлагаемый механизм позволяет передавать вращение между кривошипами, у которых угол скрещивания осей валов вращения кривошипов со стойкой равен 90° .

Модель редуктора шарнирно-рычажного механизма (рис. 2) показала работоспособность и достоверность технического решения. На модели можно визуально определять законы движения промежуточных звеньев, проверять работоспособность и жесткость конструкции, проверять законы движения звеньев, определять возможное использование в практических целях.

Подробные сведения о пространственных механизмах, в состав которых входят только вращательные шарниры можно получить в литературе [4].

Список литературы

1. Bennett G.T. A new mechanism // Engineering, vol.76, 1903. P. 777-778.
2. Шитиков Б.В. Исследование пространственных шарнирных механизмов. Рукопись. Отчет о научно-исследовательской работе. Казань, КХТИ, 1957. 28 с.
3. Патент № 2605955 РФ, МПК B01F 21/48. Шарнирно-рычажный механизм / Мудров А.Г., Сахапов Р.Л. – № 2015126182; заявлено 30.06.2015; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
4. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой. – Казань: РИЦ «Школа», 2003. – 300 с.

Сведения об авторе:

Мудров Александр Григорьевич – д.т.н., профессор, КГАСУ, г.Казань.

GEAR LEVER

Mudrov A.G.

Keywords: reducer, hinge-lever links, cranks master and slave, gear ratio.

Abstract. Reducer refers to the field of engineering, specifically to the gear mechanism, which are made mainly in the form of various gears. The design of the reducer with the transfer ratio equal to three, but is executed with a special kinematic combination of lever links is offered. Links connections are realized on standard rolling or sliding bearings. The geometric axes of rotation of the shafts of the drive and driven cranks are located at right angles, and the axes of the hinges of other links are crossed at different angles, while the output link of the reducer has a variable angular velocity of rotation. Gear hinge-lever can be used in automatic machines of many industries.

References

1. Bennett G.T. A new mechanism // Engineering, vol.76, 1903. P. 777-778.
2. Shitikov B. V. Study of spatial hinge mechanisms. Manuscript. Report on the research work. Kazan, Kazan state technological University, 1957. Twenty eight. 28 p.
3. Patent № 2605955 RU, IPC B01F 21/48. Lever mechanism / A.G. Mudrov, R.L. Sakhapov. – No. 2015126182; stated 30.06.2015; publ. 10.01.2017. Bull. No. 1.
4. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with special structure. – Kazan: RIC "School", 2003. – 300 p.