

## СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ МЕЖВАЛЬЦОВЫХ ПЕРЕДАЧ МАШИН ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

*Серета Н.А., Миронова П.Г.*

*Калининградский государственный технический университет, Калининград*

**Ключевые слова:** машина для дробления, межвальцовая передача, структурный анализ, структурная группа, структурный граф, компактность передач, межосевое расстояние, длина стойки, четырехугольник (треугольник).

**Аннотация.** В статье рассмотрены конструкции технологических машин для дробления материалов. Такие машины используются для измельчения материалов в сельскохозяйственной, строительной, горнорудной и химической отраслях промышленности. Анализируются конструкции межвальцовых передач машин для дробления материалов. В состав упомянутых передач входят зубчатые, комбинированные зубчато-рычажные и рычажно-зубчатые механизмы. Выполнен структурный анализ названных механизмов. Вербально описан состав структурных групп межвальцовых передач, построены их структурные графы. В конструкциях машин для дробления материалов присутствуют однозвенная одноподвижная, а также однозвенные и двухзвенные структурные группы, не обладающие подвижностью. Отмечено, что для обеспечения компактности межвальцовых передач дробилок используют следующее компоновочное решение: межосевые расстояния зубчатых передач, длин стоек рычажных механизмов и межцентровые расстояния валков располагают не на прямой линии, а формируют фигуру – четырехугольник или треугольник.

## STRUCTURAL ANALYSIS OF ROLL-TO-ROLL GEARS OF CRUSHING MACHINES

*Sereda N.A., Mironova P.G.*

*Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad*

**Keywords:** crushing machine, roll-to-roll transmission, structural analysis, structural group, structural graph, compactness of gears, axial distance, rack length, quadrilateral (triangle).

**Abstract.** The article discusses machines for grinding materials. They are used for grinding materials in the agricultural, construction, mining and chemical industries. The designs of the inter-roll gears of such machines are analyzed. Such gears include gears, combined gear-lever and lever-gear-gear mechanisms. A structural analysis of these mechanisms was carried out. The composition of the structural groups of the interdigital gears is described orally. Structural graphs of transmissions are constructed. There is a single-link, single-movable structural group in the machines for grinding materials. There are single-link and two-link structural groups that do not have mobility. To ensure the compactness of the roller gears of the crushers, the following layout solution is used. The center-to-center distances of the gears, the lengths of the lever racks and the center-to-center distances of the rollers are not arranged in a straight line, but form a figure - a quadrilateral or triangle.

### Введение

Традиционно в валковых машинах, применяемых для дробления материалов, непосредственно на валах валков устанавливалась цилиндрическая зубчатая передача, шестерня и зубчатое колесо которой сопрягались. Поскольку межцентровое расстояние между валками может быть довольно большим, то геометрические параметры цилиндрической передачи – значительные [1]. Это предопределяет громоздкость упомянутой передачи в составе вальцовой дробилки.

Одной из попыток совершенствования валковой дробильной техники является следующее конструктивное решение – шестерня и зубчатое колесо, смонтированные на валках, друг с другом не взаимодействуют [2-6]. Для обеспечения компактности цилиндрических зубчатых передач, входящих в дробильный вальцовый станок, межцентровые расстояния упомянутых передач (или длина стойки применяемых рычажных механизмов) образуют фигуру, подобную четырехугольнику или треугольнику.

Отметим еще аспект совершенствования валковых дробилок – варьирование формы профиля боковой поверхности вальцов [7].



Зубчато-рычажный механизм содержит шестерню и колесо, шарнирно связанные со стойкой. Зубчатое колесо входит посредством высшей кинематической пары в связь с двухплечим коромыслом. Упомянутое коромысло образует кинематическую пару со стойкой и подпружиненным звеном, шарнирно связанным с блоком, укрепленным на стойке.

Структурный граф (рис. 3) такой межвальцовой передачи содержит однозвенную одноподвижную структурную группу, представленную шестерней, снятой со стойки; и две структурные группы Л.В. Ассур. Одна из структурных групп Л.В. Ассур состоит из двух подвижных звеньев, двух низших и двух высших кинематических пар. В состав другой структурной группы входят два подвижных звена и три шарнира вращения [8-10].

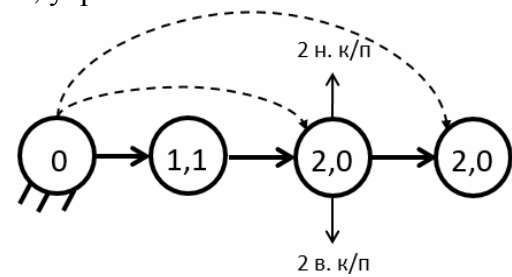


Рис. 3. Структурный граф межвальцовой зубчато-рычажного механизма

Известна межвальцовая передача, содержащая рычажно-зубчатый механизм и сдвоенный корпус [5]. Такая передача состоит из двух шестерен и двух зубчатых колес. Рычажный механизм выполнен в виде кривошипно-коромыслового механизма, фигурный шатун которого объединяет три звена – шестерню и два зубчатых колеса. Длина кривошипа равна межосевому расстоянию между ведущей шестерней и зубчатым колесом; коромысло шарнирно соединено со вторым зубчатым колесом и смонтировано на корпусе. При этом одно из зубчатых колес смонтировано на оси, которая подвижно соединяет две части корпуса.

В структурном плане рычажно-зубчатый механизм содержит пять структурных групп: однозвенную одноподвижную структурную группу, выполненную в виде шестерни (в жесткой связи с кривошипом), снятой со стойки; ряд структурных групп Л.В. Ассур, каждая из которых состоит из одного подвижного звена, а также одной низшей и одной высшей кинематических пар. Имеется структурная группа Л.В. Ассур, включающая подвижные фигурный шатун и коромысло и три низшие пары, выполненные в виде шарниров вращения [8-10]. Структурный граф рычажно-зубчатого механизма межвальцовой передачи приведен на рисунке 4.

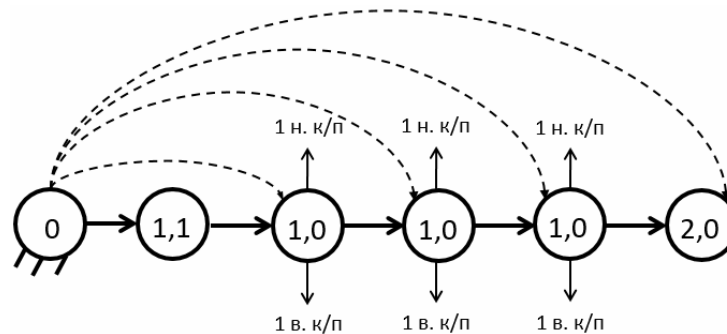


Рис. 4. Структурный граф межвальцовой рычажно-зубчатого механизма

3. Анализируется машина для дробления материалов, содержащая комбинированный рычажно-зубчатый механизм [6]. В названном рычажно-зубчатом механизме применены структурные группы Л.В. Ассур, включающие два подвижных звена и три кинематические пары.

Валы быстроходного и тихоходного валков межвальцовой передачи по патенту № 854432 связаны посредством рычажно-зубчатого механизма. При этом межосевое расстояние цилиндрической зубчатой передачи меньше одноименного расстояния между валками. Это достигается за счет применения сдвоенного эксцентрикового параллелограмма, один эксцентрик которого смонтирован на валу быстроходного валка, другой – на промежуточном валу совместно с плавающей шестерней цилиндрической передачи.

Компоновка рычажно-зубчатого механизма выполнена следующим образом: длина стойки сдвоенного эксцентрика и межосевое расстояние цилиндрической зубчатой передачи являются сторонами равнобедренного треугольника, а межцентровое расстояние валков – его основанием.

Для варьирования межцентрового расстояния валков в конструкцию машины по источнику [6] введены фиксаторы опорных рычагов. Фиксатор опорного рычага быстроходного валка выполнен в виде четырехзвенного рычажно-винтового механизма. Винтовая стяжка, состоящая из винта и гайки, шарнирно связана со стойкой. Свободный конец винта соединен с фигурным звеном посредством вращательной пары. Названное звено шарнирно закреплено на стойке. Фигурное звено выполнено в виде двух стержней, жестко соединенных друг с другом.

В структурном плане рычажно-винтовой механизм содержит две структурные группы: однозвенную одноподвижную группу, выполненную в виде фигурного звена, снятого со стойки; структурную группу Л.В. Ассура, содержащую два подвижных звена и три пары (два шарнира вращения и винтовую пару) [8-10].

Фиксатор опорного рычага тихоходного валка представляет собой четырехзвенный кривошипно-коромысловый механизм с изменяемой длиной шатуна. Его длина варьируется посредством амортизатора, последнее позволяет изменять межвалковое расстояние при попадании в мельницу особо прочного материала. Для этого шатун выполнен сборным. Он содержит полый хвостовик, подпружиненный к детали, размещенной перпендикулярно продольной оси шатуна и выполненной зацело с ним. Коромысло связано с хвостовиком шатуна. Варьирование длины шатуна выполняется посредством гайки.

В структурном плане кривошипно-коромысловый механизм с изменяемой длиной шатуна содержит две структурные группы. Кривошип, снятый со стойки, является однозвенную одноподвижную структурную группу. Сборный шатун и коромысло, два шарнира вращения и винтовая пара – это структурная группа Л.В. Ассура [8-10].

Таким образом, в предлагаемой статье рассмотрены машины для дробления материалов, в межвальцовых передачах которых преобладают однозвенные и двухзвенные структурные группы Л.В. Ассура. При этом однозвенная структурная группа Л.В. Ассура содержит одну низшую и одну высшую кинематические пары.

### **Заключение**

В завершении статьи дадим ряд выводов.

1. Выполнен структурный анализ межвальцовых передач машин для дробления материалов.

2. Показано, что в конструкциях машин для дробления материалов, содержащих межвальцовые передачи, присутствуют однозвенная одноподвижная структурная группа, выполненная в виде подвижного звена (шестерни, кривошипа), снятого со стойки; а также однозвенные и двухзвенные структурные группы, не обладающие подвижностью. Часто однозвенные структурные группы Л.В. Ассура содержат одну низшую и одну высшую кинематические пары.

3. Подмечено, что для обеспечения компактности механизмов валковых дробилок межосевые расстояния применяемых зубчатых передач, длины стойки рычажных механизмов и межцентровые расстояния валков образуют фигуру, подобную четырехугольнику или треугольнику.

### **Список литературы**

1. Патент №279328 РФ. Передаточный механизм / Борщев Е.Н., Андриюшин А.К. – Заявка №1240290/29-33 от 22.04.1968; опубл. 25.06.1974, Бюл. № 23.
2. Патент №138118 РФ. Межвалковая передача к мукомольному вальцовому станку / Шишов П.Г. – Заявка №682334/28 от 17.10.1960; опубл. 18.03.1961, Бюл. № 9.
3. Патент №158192 РФ. Механизм межвальцовой передачи мукомольного вальцового станка / Шишов П.Г. – Заявка №816254/28-13 от 28.01.1963; опубл. 18.10.1963, Бюл. № 20.

4. Патент №185193 РФ. Механизм межвальцовой передачи мукомольного вальцового станка / Шишов П.Г. – Заявка №925903/28-13 от 22.10.1964; опубл. 30.07.1966, Бюл. № 16.
5. Патент №425644 РФ. Межвальцовая передача вальцового станка / Алабин Е.А. – Заявка №1754823/28-13 от 29.02.1972; опубл. 30.04.1974, Бюл. № 16.
6. Патент №854432 РФ. Межвалковый механизм двухвальцовой мельницы / Крашенинин Г.С., Резанцев И.Р., Степанов Е.А., Безкровный Г.М., Ковалевский С.В. – Заявка №2788816/29-33 от 03.07.1979; опубл. 15.08.1981, Бюл. № 16.
7. Ефимов Д.А., Господариков А.П. Перспективы использования валков с профилем Рело в дробилке и измельчающих валках высокого давления // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – №4(162). – С. 36-43. – DOI: 10.26730/1816-4528-2022-4-36-43.
8. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике: Пособие для инженеров, конструкторов и изобретателей: В 5 т. – Т. 1: Рычажные механизмы. – М.: Наука, 1970. – 608 с.
9. Крайнев А.Ф. Механизмы машин. Функция, структура, действие: на примерах из компьютерного банка схем и конструктивных решений, созданного А.Ф. Крайневым. – М.: Спектр, 2016. – 175 с.
10. Крайнев А.Ф. Машиноведение на языке схем, рисунков и чертежей: (в 2-х книгах). Кн. 1: Технология, машины и оборудование: на примерах из компьютерного банка схем и конструктивных решений, созданного А.Ф. Крайневым. – М.: Спектр, 2010. – 295 с.

#### References

1. Patent No. 279328 RU. Transfer mechanism / Borshchev E.N., Andryushin A.K. – Appl. No. 1240290/29-33 from 22.04.1968; publ. 25.06.1974, Bul. No. 23.
2. Patent No. 138118 RU. Inter-roll transfer to a milling roller machine / Shishov P.G. – Appl. No. 682334/28 from 17.10.1960; published 18.03.1961, Bul. No. 9.
3. Patent No. 158192 RU. The mechanism of the inter-roll transmission of the milling roller machine / Shishov P.G. – Appl. No. 816254/28–13 from 28.01.1963; publ. 18.10.1963, Bul. No. 20.
4. Patent No. 185193 RU. The mechanism of the inter-roll transmission of the milling roller machine / Shishov P.G. – Appl. No. 925903/28–13 from 22.10.1964; publ. 30.07.1966, Bul. No. 16.
5. Patent No. 425644 RU. Inter-roll transmission of a roller machine / Alabin E.A. – Appl. No. 1754823/28-13 from 29.02.1972; published 30.04.1974. – Bul. No. 16.
6. Patent No. 854432 RU. The inter-roll mechanism of a two-roll mill / Krashenin G.S., Rezantsev I.R., Stepanov E.A., Bezkrorny G.M., Kovalevsky S.V. – Appl. No. 2788816/29-33 from 03.07.1979; publ. 15.08.1981, Bul. No. 16.
7. Efimov D.A., Gospodarikov A.P. Prospects for the use of rolls with a Relo profile in a crusher and high-pressure grinding rolls // Mining equipment and electromechanics. 2022, no. 4(162), pp. 36-43. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-4-36-43.7.
8. Artobolevsky I.I. Mechanisms in modern technology: A handbook for engineers, designers and inventors: In 5 volumes. – Vol. 1: Lever mechanisms. – М.: Science, 1970. – 608 p.
9. Krainev A.F. Mechanisms of machines. Function, structure, action: on examples from a computer bank of schemes and design solutions created by A.F. Krainev. – М.: Spektr, 2016. – 175 p.
10. Krainev A.F. Machine learning in the language of diagrams, drawings and drawings: (in 2 books). Book. 1: Technology, machines and equipment: on examples from a computer bank of schemes and design solutions created by A.F. Krainev. – М.: Spektr, 2010. – 295 p.

#### *Сведения об авторах:*

#### *Information about authors:*

<b>Серёда Наталья Александровна</b> – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теории механизмов и машин и деталей машин	<b>Sereda Natalya Aleksandrovna</b> – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of theory of mechanisms and machines and machine parts
<b>Миронова Полина Георгиевна</b> – студент	<b>Mironova Polina Georgievna</b> – student
natalya.sereda@klgtu.ru	

Получена 26.03.2024