

**Выводы:** Кинетостатическое исследование кулачкового механизма со сложным толкателем можно произвести с помощью планов сил и тем самым можно считать, что сложный пятизвенный кулачковый механизм является кинетостатически вполне разрешимым.

#### Список литературы

1. Артоболевский С.И. Теория механизмов и машин / С.И. Артоболевский.- М.: Высшая школа, 1967.- 362 с.
2. Дворников Л.Т. синтез структур групп Ассура кулачковых механизмов [Текст] / Л.Т. Дворников, А.Э. Садиева, У.У. Коколоева Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика О.Д. Алимова, Бишкек, 2013.
3. Кореняко А.С. Теория механизмов и машин/ А.С.Кореняко - Киев:Вища школа, 1976.- 442 с.
4. Левитский Н.И.Теория механизмов и машин /Н.И. Левитский - М.: Наука, 1990.- 590 с.
5. Садиева А.Э. Кинематическое исследование кулачкового механизма со сложным толкателем Материалы республиканской научно-практической конференции Актуальные проблемы механики машин, посвященной 70-летию со дня рождения С. Абдраимова. 2014.- 20-22 с.

УДК 675-055

#### ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ДВУХВАЛКОВЫХ МОДУЛЕЙ

*Хуррамов Ш. Р., Абдукаримов А., Научно-исследовательский центр по проблемам отраслевого машиноведения при ТГТУ им. Абу Райхан Беруний, Узбекистан, 100125, г. Ташкент, Академгородок, Дурмон йули-31 e-mail: [aabdusalam54@gmail.com](mailto:aabdusalam54@gmail.com)*

Теоретически исследуется основной рабочий орган валковых машин – двухвалковый модуль, состоящий из валковой пары и обрабатываемого материала. Анализированы различные схемы взаимодействия валков и обрабатываемого материала, которые отличаются друг от друга по способу расположения валков на станине, по степени подвижности рабочих валков, по диаметрам валков, по степени жесткости валков, по способу передачи движения валкам, по типу нажимных приспособлений, по геометрическим формам слоя обрабатываемого материала и по способу подачи обрабатываемого материала в зону контакта валков. На основе проведенного анализа создана обобщенная модель двухвалкового модуля. Созданная модель хорошо описывает двухвалковые модули, что позволяет использовать ее при разработке единых математических моделей контактного взаимодействия и методики расчета параметров рабочих механизмов валковых машин.

**Ключевые слова:** валковые машины; двухвалковый модуль; валковая пара; обрабатываемый материал; схемы взаимодействия; обобщенная модель; контактное взаимодействие; параметры; механизмы; рабочие валы.

#### GENERALIZED MODEL OF THE TWIN-ROLL MODULE

*Hurramov Shavkat Rakhmatullaevich, Ph.D., Associate Professor, Abdulkarimov Abdusalam, Ph.D., Senior Research Fellow Research Centre for Mechanical Engineering industry at TSTU named Abu Raihan Beruni, Uzbekistan, 100125, Tashkent, Akademgorodok, , Durmon Yuli street, 31, e-mail: [aabdusalam54@gmail.com](mailto:aabdusalam54@gmail.com)*

Theoretically studied the main working body of roll machines - twin roll module, consisting of a roll pair and the processed material. Analyzed various schemes of interaction of the rolls and the processed material, which differ from each other by a method for arrangement of rollers on the frame, by the degree of mobility of the working rolls, by diameters of the rolls, by the degree of roll stiffness, by the method of transmission of rollers' motion, by type of push devices, by geometric shapes of layer of the processed material and a method of supplying of processed material in the roll contact area. Generalized model of the two-roll module is designed on the basis of conducted analysis. Created model describes well the two roll-modules, which allows its use in the development of unified mathematical model of contact interaction and methods of calculating the parameters of the working mechanisms of roller machines.

**Keywords:** rolling machines; twin roll module; roller pair; processed material; schemes of interaction; generalized model; contact interaction; parameters; mechanisms; working rollers.

Технология обработки различных материалов с использованием валковых машин широко применяется во многих отраслях промышленности. Основным рабочим органом валковых машин является двухвалковый модуль, состоящей из валковой пары и обрабатываемого материала. Процесс обработки материала в валковых машинах осуществляется в результате их контактного взаимодействия. Для систематизации исследований контактного взаимодействия валковой пары с обрабатываемым материалом и методов расчета параметров рабочих механизмов валковых устройств необходимо разработать обобщенную модель двухвалковых модулей. В работе анализ схемы взаимодействия валков и обрабатываемого материала проводится с целью разработки обобщенной модели двухвалковых модулей, которая позволит в дальнейшем создавать единые математические модели контактного взаимодействия и методики расчета параметров и анализировать их в частных случаях взаимодействия валковой пары и обрабатываемого материала.

В двухвалковом модуле схему взаимодействия валков и обрабатываемого материала можно различать по способу расположения валков на станине, по степени подвижности рабочих валков, по диаметрам валков, по степени жесткости валков, по способу передачи движения валкам, по типу нажимных приспособлений [1, 2]. Валковые отжимные пары, где оси вращения рабочих валков находятся параллельно горизонтальной плоскости, можно разделить на три группы по расположению рабочих валков на станине: рабочие валки расположены вертикально один над другим; рабочие валки расположены горизонтально рядом друг с другом; оси рабочих валков расположены относительно друг - друга с некоторым смещением.

По степени подвижности (кроме вращательных) рабочих валков валковые пары делятся на три группы: с верхним подвижным рабочим валком; с нижним подвижным рабочим валком; с двумя подвижными рабочими валками.

По диаметру рабочих валков валковые пары бывают с одинаковыми диаметрами рабочих валков и с неодинаковыми диаметрами рабочих валков.

По жесткости покрытий валки могут быть: с эластичным покрытием, где жесткость покрытия  $c$  – конечная величина; с жестким покрытием, где можно считать  $c = \infty$ .

В двухвалковых модулях валковые пары различают видом сочетаний валков – эластичные с эластичным, эластичные с жестким и жесткие с жестким.

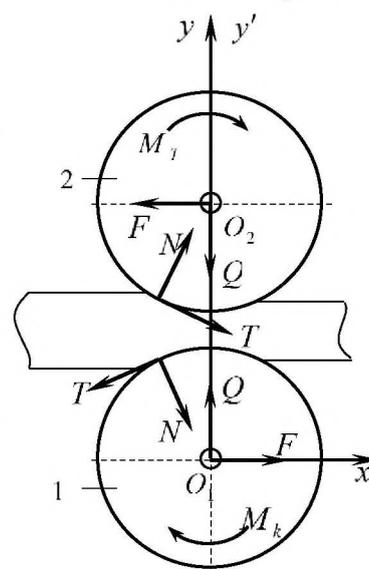


Рис.1. Схема валковой пары без межвалкового передаточного механизма:

1 и 2 – рабочие валы;

По способу передачи движения валки валковой пары можно делить на приводные, имеющие механизм передачи, и свободные, получающие движение за счет сил трения, возникающих на поверхности контакта валков.

Приводной вал работает по схеме ведущего колеса, а свободный вал - по схеме тормозящего колеса [3]. Свободный и приводной валки отличаются приложенными на них внешними силами (рис.1): на свободный вал действует тормозной момент  $M_T$  против его движения, а на приводной – крутящий момент  $M_K$  по движению; реакция подшипников валка  $F$  действует на свободный вал против направления оси  $Ox$ , а на приводной - по направлению; сила трения слоя материала  $T$ , действующая на свободный вал, также направлена противоположно силе трения, действующей на приводной вал. Нормальные силы  $N$  от обрабатываемого материала действуют по направлению к осям валков.

Нажимные приспособления валковых отжимных устройств бывают механическими, гидравлическими и пневматическими, с передачей нагрузки на валки непосредственно или через рычажную систему. Характеристика нажимного приспособления, то есть зависимость нагрузки  $Q$  от величины подъема валка  $\delta_k$ , зависит как от вида приспособления, так и от способа передачи давления на валок. Можно различить три типа характеристик нажимных приспособлений (Рис.2) [1]. При этом номер типа соответствует индексу  $\delta$ .

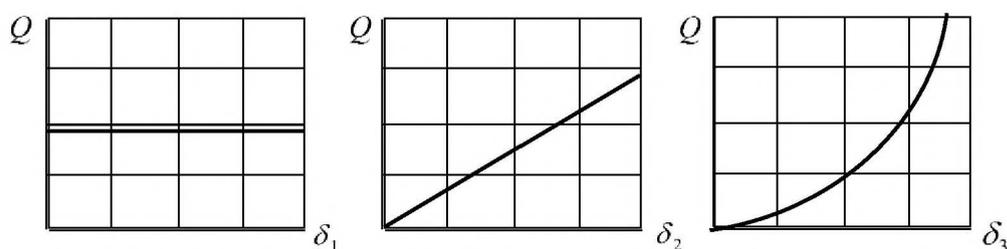


Рис.2. Характеристика нажимных приспособлений.

Механические явления, возникающие при обработке в паре валков, определяется распределением массы обрабатываемого материала при прохождении его через пару валков. Она связана с геометрическими формами слоя обрабатываемого материала [1].

Для обобщенной модели валкового модуля слой обрабатываемого материала характеризуем толщиной в продольном сечении:

$$h = h_0 + f(x),$$

где  $h_0$  - часть слоя, где его толщина постоянна.

В двухвалковых модулях обрабатываемый материал может подаваться сверху вниз или снизу вверх под углом  $\varphi$  относительно горизонтали. При этом на материал могут действовать заталкивающая (или отталкивающая) сила  $P$  [4].

На основе анализа схемы взаимодействия валковых пар и обрабатываемого материала создаем обобщенную модель двухвалкового модуля (рис.3).

В обобщенной модели выражен двухвалковый модуль: валки расположены

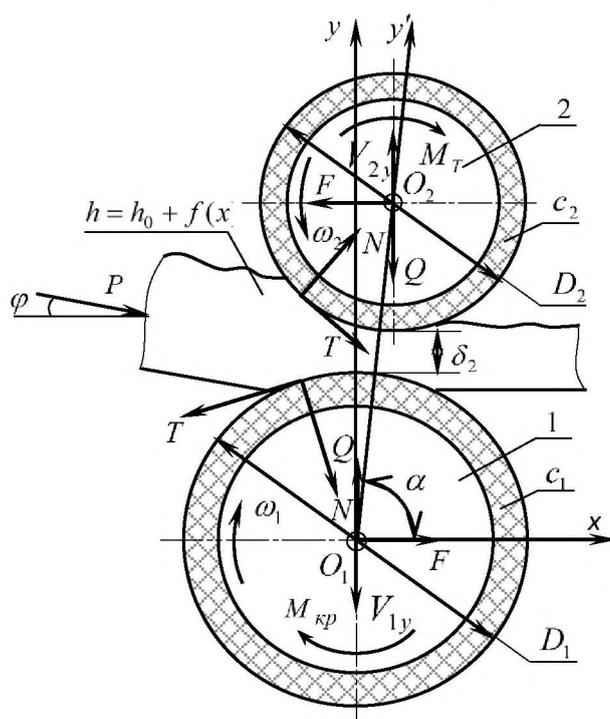


Рис.3. Обобщенная модель двухвалкового модуля

относительно горизонтали под углом  $\alpha$ ; оба валка подвижны ( $V_{1y} \neq 0$  и  $V_{2y} \neq 0$ ); диаметры валков неодинаковы ( $D_1 \neq D_2$ ); валки имеют эластичные покрытия с жесткостями  $c_1$  и  $c_2$ ; верхний вал - свободный, нижний вал - приводной; нажимное приспособление с характеристикой второго типа ( $\delta = \delta_2$ ); слой обрабатываемого материала неравномерный; материал подан сверху вниз под углом  $\varphi$  относительно горизонтали и на материал действует заталкивающая сила  $P$ .

Из этой модели двухвалковый модуль произвольной схемы получается как частный случай.

Любое расположение валков на станине получается из обобщенной модели изменением угла  $\alpha$  с нуля по  $180^\circ$ . Когда  $\alpha = 90^\circ$ , рабочие валки располагаются вертикально один над другим; когда  $\alpha = 0$ , они располагаются горизонтально рядом друг с другом.

Если один из валков прикреплен к станине, то скорость его центра по оси  $Oy$  равняется нулю. Поэтому неподвижный вал ( $i$ -ой вал) получается из обобщенной модели, приравнивая скорость  $V_{iy}$  к нулю.

Модуль с одинаковыми диаметрами получается из обобщенной модели, приравнивая  $D_1$  и  $D_2$ .

Если один из валков ( $i$ -ой вал) имеет жесткое покрытие, то в обобщенной модели  $c_i = \infty$ .

Модуль с двумя приводными валками получается из обобщенной модели изменением направления сил  $F$ ,  $T$ , момента  $M_T$  верхнего валка противоположному и заменой  $M_T$  на  $M_{np}$ , а модуль с двумя свободными валками – с изменением направления сил  $F$ ,  $T$ , момента  $M_{np}$  нижнего валка противоположному и заменой  $M_{np}$  на  $M_T$ . Двухвалковый модуль со свободным нижним и приводным верхним валками получается заменой номеров валков.

Нажимные приспособления с характеристикой первого типа получаются из обобщенной модели заменой  $\delta_2$  на  $\delta_1$ , а третьего типа -  $\delta_2$  и  $\delta_3$ .

Обрабатываемый материал с равномерной толщиной получается из обобщенной модели, приравнивая  $f(x)$  к нулю.

Если материал подается снизу вверх под углом  $\varphi$  относительно горизонтали, то в обобщенной модели угол  $\varphi$  меняет знак. Подача материала по горизонтали получается из обобщенной модели при  $\varphi = 0$ .

Когда на материал действует отталкивающая сила  $P$ , тогда в обобщенной модели сила  $P$  меняет направление. Если на материал не действуют ни заталкивающая, ни отталкивающая силы, то в обобщенной модели  $P = 0$ .

Обобщенная модель хорошо описывает двухвалковые модели, что позволяет использовать ее для исследования контактного взаимодействия валков с обрабатываемым материалом и при разработке методов расчета параметров рабочих механизмов отжимных устройств.

### Список литературы

1. Абдукаримов А. Классификация валковых модулей / А. Абдукаримов Проблемы механики. – 2012.- №4, - С.48-52
2. Кузнецов Г.К. Структура и классификация отжимных устройств текстильных машин и характеристика слоя отжимаемого материала / Г.К. Кузнецов Технология текстильной промышленности. - 1968.- 145-146 с.
3. Кузнецов Г.К. К вопросу о приводе эластичного верхнего валка в отжимной паре / Г. К. Кузнецов Технология текстильной промышленности. – 1962. 41-48 с.
4. Грудев А. П. Теория прокатки./ А.П. Грудев - М.: Металлургия, 1988 – 240 с.