

УДК 621.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ С ОСОБОЙ СТРУКТУРОЙ

Мудров А.Г.

Реферат. Проведен анализ состояния исследования пространственных механизмов с особой структурой за последние годы. Особенность механизмов заключается в том, что геометрические оси их шарниров скрещены под разными углами и оформлены только на подшипниках качения или скольжения. В отечественной и мировой науке практически нет сведений о практическом использовании их в технике из-за особых условий исследования и изготовления в моделях и натуральных образцах. Приоритет исследования и внедрения устройств на их базе принадлежит казанским ученым. В настоящее время по пространственным механизмам с вращательными шарнирами ведутся исследования по дальнейшему практическому использованию устройств в различных разделах техники. Они классифицируются на плоские (звенья движутся в одной плоскости) и пространственные (звенья совершают движение в разных плоскостях). Плоские механизмы достаточно глубоко изучены и исследованы, сведения о них можно получить в любом учебнике по теории механизмов и машин. Звенья пространственных механизмов соединяются между собой в сочетании следующими кинематическими парами: вращательными, шаровыми, поступательными, шаровыми с пальцем, «шар-труба». Пространственные механизмы только с вращательными парами (шарнирами) в своем развитии имели значительные трудности и проблемы. Пространственные механизмы с вращательными шарнирами образовали новую группу в теории механизмов и машин, обладают многими функциональными свойствами и показали эффективность использования в различных разделах техники и технологий. За последние три года состав устройств на базе механизмов этой группы увеличился на пятнадцать единиц, защищенные патентами и полезными моделями в семи разделах техники.

Ключевые слова. пространственные механизмы, вращательные шарниры, скрещенные оси, устройства, модель.

Введение. Рычажные механизмы используются человеком с древнейших времен в различных машинах и устройствах. Они классифицируются на плоские (звенья движутся в одной плоскости) и пространственные (звенья совершают движение в разных плоскостях). Плоские механизмы достаточно глубоко изучены и исследованы, сведения о них можно получить в любом учебнике по теории механизмов и машин. Звенья пространственных механизмов соединяются между собой в сочетании следующими кинематическими парами: вращательными, шаровыми, поступательными, шаровыми с пальцем, «шар-труба». Пространственные механизмы только с вращательными парами (шарнирами) в своем развитии имели значительные трудности и проблемы. Кратко изложим историю их развития.

Только в 1903 году английский математик Беннетт теоретически описал четырехзвенный механизм с цилиндрическими парами (шарнирами) [1], геометрические оси шарниров которых не параллельны и не пересекаются. Однако построить модель он не смог, поэтому сомневался в его практическом использовании.

В зарубежной литературе описано использование механизма Беннетта не в качестве передаточного механизма, а в качестве рамы для создания длиннопролетных убежищ в качестве каркаса укрытия в военных целях [2,3].

В литературе [4] опубликованы фотографии схем механизма Беннетта, работоспособность которых вызывает сомнение. В качестве примера приведем схемы моделей механизмов, представленных на рисунках 1 и 2. На

рисунке 1 показана схема параллелограммного, а на рисунке 2- антипараллелограммного механизмов Беннетта, и на рисунке 3 – действующая модель параллелограмного механизма, изготовленного автором статьи.

Модели по двум схемам (рисунок 1 и 2) вряд ли будут работоспособны, так как ведущий и ведомый кривошпы механизмов состоят из двух звеньев, шарнирно соединенных между собой и с шатуном и неподвижным звеном, т.е. механизм стал не четырехзвенным, а шестизвенным [4, 5], в данном исполнении механизмы неработоспособны.

Лишь 75 лет после теоретического описания механизма Беннеттом казанским ученым профессорам Б.В. Шитикову и П.Г. Мудрову удалось решить проблему изготовления моделей и натуральных образцов [6, 7].

В качестве доказательства, на рисунке 3 показано фото действующей модели механизма Беннетта, у которого шарнирные соединения звеньев выполнены на подшипниках скольжения, из рисунков видно существенное отличие схемы действующей модели от схем механизмов по рисункам 1 и 2.

Следует отметить, что за 75 лет после опубликования статьи Беннеттом о механизме не было изготовлено ни одной работоспособной модели или натурального образца в металле из этой группы механизмов ни у нас в стране, ни за рубежом и ни один из механизмов не был доведен до практического использования в технике.

И лишь после изготовления моделей эти механизмы получили развитие «под ключ», от теории до практического внедрения.

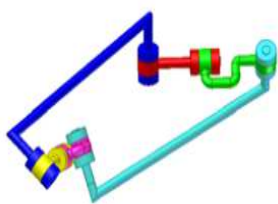


Рисунок 1 – Первая схема механизма

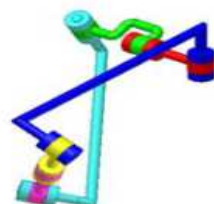


Рисунок 2 – Вторая схема механизма

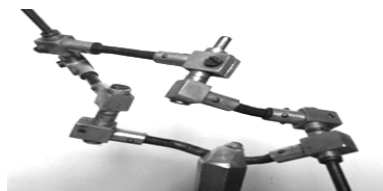


Рисунок 3 – Модель механизма

Приведем краткие сведения о результатах исследований по пространственным механизмам с вращательными шарнирами:

- Исследована структура, структурный синтез и образованы десятки новых механизмов и устройств на их базе.

- Разработаны кинематические и динамические методы исследования механизмов, предложено несколько способов их уравнивания.

- Предложено и реализовано в восьми разделах техники десятки устройств, реализующих многофункциональные свойства механизмов, на которые получено 116 авторских свидетельств и патентов на изобретения: *две группы пространственных перемешивающих устройств* (мешалки и смесители), *приводы сельскохозяйственных машин* (режущего аппарата, картофелекопателя, диска свеклокомбайна), *устройства для первичной обработки изделий* (галтователи, протравливатели, для шлифования семян), *устройства для мойки и очистки изделий* (транспортных средств, для очистки полых изделий, часовых механизмов), *инерционные устройства* (двигатель, для погружения свай, тренажеры), *устройства для создания эффектов* (фонтан, для развлечений), *устройства для копирования движений* (махолеты, плавсредства, землеройная машина, захват манипулятора), *устройства для измельчений* (измельчители, дробилки, для перетирания красок) [8].

- Внедрено в различных организациях более 50 производственных устройств, в том числе в 11 сельскохозяйственных и 16 промышленных предприятий России, по запросам предприятий переданы рабочие чертежи 14 организациям.

Можно утверждать, что по многим техническим устройствам на базе пространственных механизмах с вращательными парами проведен комплекс исследований, начиная от идеи их создания и заканчивая внедрением в производство.

В этом разделе науки о пространственных механизмах только с вращательными шарнирами за последние годы в материалах различных конференций, форумов и научных журна-

лов обнаружено единицы докладов и научных статей. Это свидетельствует о том, что пространственные механизмы с вращательными шарнирами практически не входят в сферу исследований зарубежных и отечественных ученых. На наш взгляд, это объясняется структурной особенностью этих механизмов, особой технологией изготовления моделей и производственных образцов, без знания которых практически невозможно изготовить в металле тот или иной механизм или устройство на его базе.

Анализ и обсуждение результатов исследований. Как было изложено выше, исследования по новой группе пространственных механизмов только с вращательными шарнирами достаточны для понимания теоретических основ кинематики, структуры, динамики, методов исследования, использованием механизмов и устройств на их базе в различных разделах техники, экспериментальной и производственной проверке, изготовление моделей и натуральных образцов.

Возникли серьезные проблемы с внедрением устройств из-за сокращения количества производственных предприятий, которые могли бы использовать наши устройства в тех или иных технологических процессах (как это было в советское время). По этой причине необходимо было скорректировать форму дальнейшего направления исследования по данным механизмам.

В результате нами выбран вариант дальнейшего поиска вероятного использования механизмов в технике с определенным уровнем новизны устройств.

За прошедшие три года, начиная с 2016 г., получены следующие результаты - выдано 15 положительных решений на изобретения, в том числе 7 – на патенты и 8 – на полезные модели. Устройства касались 7 разделов техники, о которых ниже изложены краткие сведения.

1 раздел – 4 устройства сельскохозяйственного машиностроения.

1) Механизм привода двухлопастного мотовила, который обеспечивает периодическое уменьшение скорости вращения лопастей при входе последних в слой хлебостоя и, наоборот, увеличение скорости вращения лопастей при движении их вне хлебостоя. Механизм содержит три подвижных звена: два кривошипа со скрещенными геометрическими осями шарниров под углом, равным $170...100^{\circ}$ и шатун со скрещенными под углом осями шарниров, равным $10...90^{\circ}$. При этом вал ведомого кривошипа жестко связан с валом двухлопастного мотовила [9].

2) Активный лемех включает раму 6 (рисунок 4), кривошипно-шатунный механизм 1, 2, 3 привода, лемех 3, закрепленный на двух подвесках-звеньях 4, 5, одно 4 из которых шарнирно соединено с лемехом 3, а другое 5 – с рамой 6, при этом геометрические оси шарниров звеньев подвески параллельны между собой и перпендикулярны геометрическим

осям шарниров кривошипно-шатунного механизма [10].

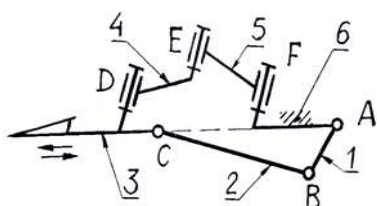


Рисунок 4 – Схема лемеха

3) Механизм привода элеватора уборочной машины включает приводной вал 1 источника привода и ведущий вал 2 элеватора 3 (рисунок 5). С валом 1 жестко связан ведущий кривошип 4, а с валом 2 – ведомый кривошип 5 [11]. С кривошипами 4 и 5 шарнирно связаны шатуны 6 и 7. Геометрические оси шарниров шатунов 6 и 7 расположены под прямым углом. Механизм обеспечивает элеваторному полотну 3 движение с переменной угловой скоростью, что способствует лучшей сепарации и разрушению пласта почвы и меньшему травмированию клубней.

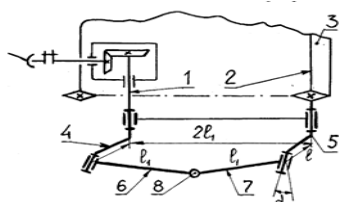


Рисунок 5 – Схема привода

4) Режущий аппарат жатвенных машин содержит ножевую полосу и неподвижный пальчатый брус с противорежущими сегментами, на брус шарнирно закреплены два кривошипа и третий, вынесенный с линии двух кривошипов на расстояние, равное 0,1-0,2 длины подвижного ножа [12]. При этом аппарат снабжен передаточным механизмом, состоящим из двух кривошипов и шатуна.

Режущий аппарат обеспечивает скоростное резание стеблей без трения режущих сегментов, а передаточный механизм устраняет колебания рамы от того, что резание стеблей осуществляется на первой половине оборота режущей полосы, вторая половина оборота происходит без резания стеблей, от этого возникают колебания рамы, которые устраняет механизм. Режущий аппарат обеспечивает резание стеблей на высоких поступательных скоростях жатвенных машин, при меньших затратах мощности и обеспечивает высокое качество среза стеблей всех видов.

2 Раздел – 2 устройства для машиностроения

1) Устройство для галтовки деталей. Устройство состоит из барабана, шарнирно установленного на двух опорах - двух пространственных кривошипов, один из которых связан с приводом, а другой - со станиной. Ось вращения ведущего кривошипа расположена к оси вращения ведомого кривошипа под углом α_1 , принимающего значения $30^\circ < \alpha_1$

$< 150^\circ$ и отстоит на расстоянии l_1 . Относительное расположение геометрических осей цапф барабана то же, что и указанных осей вращения кривошипов [13]. Геометрическая ось вала и подшипника каждого из кривошипов скрещиваются под углом $\alpha_2 = 6...28^\circ$ и отстоит на расстоянии l_2 .

Параметры устройства связаны соотношением $l_1/\sin\alpha_1 = l_2/\sin\alpha_2$.

Устройство работает следующим образом. От источника привода мотор-редуктора вращение через клиноременную передачу передается ведущему кривошипу, далее через шатун вращение передается ведомому кривошипу, который вращается с переменной за оборот угловой скоростью. Ведущий кривошип вращается с постоянной угловой скоростью в плоскости, расположенной под прямым углом к плоскости вращения ведомого кривошипа.

Таким образом, шатун вместе с барабаном с деталями получают сложное пространственное неравномерное движение, увеличивающее интенсивность обработки деталей.

Интенсивность обработки достигается, во-первых, за счет сложного объемного движения деталей в барабане, во-вторых, за счет дополнительного инерционного воздействия на детали, в третьих, за счет соударения деталей о торцовые стенки барабана.

2) Шаровая мельница. Устройство относится к механическому измельчительному оборудованию различных производств, предназначенному для тонкого измельчения материалов, может быть применено в горнорудной, химической, строительной и других промышленных отраслях, а также в порошковой металлургии [14].

Шаровая мельница (рисунок 6) содержит раму 6, на которой закреплен источник привода 1 (мотор-редуктор или электродвигатель с редуктором).

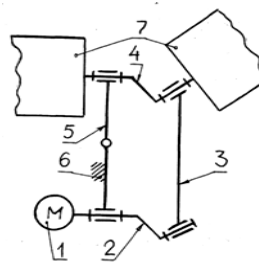


Рисунок 6 – Шаровая мельница

На выходном валу источника привода 1 закреплен ведущий кривошип 2, который шарнирно соединен с шатуном 3. Последний шарнирно соединен с ведомым кривошипом 4, который связан шарнирно с балансиром 5.

На пальцах ведомого кривошипа 4 закреплены два барабана 7, внутрь которых вставлены и закреплены прижимами герметично закрытые контейнеры с размещенными там шарами и кусками измельчаемого материала.

Геометрическая ось качания балансира 5 перпендикулярна геометрическим осям валов вращения ведомого 4 и ведущего 2 кривошипов. Мельница работает следующим образом.

От источника привода 1 вращение передается ведущему кривошипу 2, который передает движение шатуна 3, второму ведомому кривошипу 4 и балансиру 5. Так как барабаны 7 закреплены на пальцах ведомого кривошипа 4, они получают вращательное движение с неравномерной за оборот угловой скоростью и одновременно имеют возвратно-качательное движение также с неравномерной скоростью вместе с балансиром 5, угол поворота которого равен 4α .

Шары и частицы материала, находящиеся в герметично закрытых контейнерах и закрепленные прижимами в барабанах, получают сложное движение с интенсивными ударами о стенки контейнеров с дополнительным силовым инерционным воздействием в двух плоскостях. В результате чего происходит интенсивное комплексное измельчение кусков материала за непродолжительное время.

3 раздел – 3 устройства по пространственным механизмам

1) Рычажный эллиптический механизм. Изобретение относится к устройствам, преобразующим вращательное движение с постоянной угловой скоростью во вращательное движение с переменной угловой скоростью в пределах одного оборота [5].

Механизм содержит стойку, два кривошипа и два шатуна, при этом углы α_1 и α_4

скрещивания осей шарниров и кратчайшие расстояния l_1 и l_4 между осями кривошипов равны, угол α_3 скрещивания осей шарниров второго шатуна равен разности 180° и угла α_2 скрещивания осей шарниров первого шатуна, их длины l_2 и l_3 равны половине расстояния l_5 между параллельными осями шарниров стойки, и параметры кривошипов и первого шатуна связаны соотношением $l_1 = l_4 = l_2 \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2$.

Работает устройство следующим образом. При вращении ведущего кривошипа 1 с постоянной угловой скоростью вращение передается шатунам 2, 3 и ведомому кривошипу 4. За счет расположения геометрических осей шарниров кривошипов 1 и 4 под углом $\alpha_1 = \alpha_4$ и геометрических осей шатунов 2, 3 под углами α_2 и α_3 , параллельного расположения геометрических осей шарниров стойки 5, ведомый кривошип 4 будет иметь переменную угловую скорость эллиптического характера в пределах одного оборота.

2) Механизм шарнирного антипараллелограмма. Изобретение относится к рычажным механизмам для преобразования вращения ведущего кривошипа с постоянной угловой скоростью в противоположное вращение ведомого кривошипа с переменной угловой скоростью, может найти применение для интенсификации в нестационарных процессах: перемешивании сыпучих и жидких материалов, безразмерной обработке деталей, протравливании семян перед посевом, мойке и очистке изделий и т.п. [16]. В устройстве кривошипы выполнены со скрещенными геометрическими осями шарниров под углом α_1 , равным $8 \dots 40^\circ$, а шатун и стойка со скрещенными осями шар-

ниров под углом α_2 , равным $30 \dots 70^\circ$, при этом отношение кратчайшего расстояния l_2 между осями шарниров шатуна и стойки к кратчайшему расстоянию l_1 между осями шарниров кривошипов равно соответственно отношению синусов углов α_2 и α_1 , т.е. $l_2 / l_1 = \sin \alpha_2 / \sin \alpha_1$.

Механизм прост по конструкции, надежен и долговечен, имеет высокий КПД, широкий диапазон регулирования переменной угловой скорости ведомого кривошипа. Может использоваться там, где необходима переменная угловая скорость рабочего органа: лопастей мешалки, барабана смесителя - галтователя и т.п.

3. Шарнирно-рычажный механизм. Изобретение может быть использовано в машинах – автоматах многих отраслей промышленности [17]. В механизме промежуточное звено имеет угол скрещивания осей шарниров, равный сумме угла скрещивания осей шарниров ведущего кривошипа и угла скрещивания осей шарниров шатуна ведущего кривошипа, а длина его равна сумме длины ведущего кривошипа и длины шатуна ведущего кривошипа; длина шатуна ведомого кривошипа равна произведению длины стойки на синус угла скрещивания осей шарниров шатуна ведомого кривошипа, т.е. $l_5 = l \cdot \sin \alpha_5$; синус угла скрещивания осей шарниров ведомого кривошипа равен отношению длины его кривошипа к длине стойки, т.е. $\sin \alpha_3 = l_3 / l$; связь между параметрами равна $l_2 / \sin \alpha_2 = l_3 / \sin \alpha_3 = l_4 / \sin \alpha_4 = l_5 / \sin \alpha_5 = l$; углы скрещивания осей шарниров ведущего кривошипа, шатуна ведущего кривошипа, шатуна ведомого кривошипа и ведомого кривошипа связаны неравенством $\alpha_3 < \alpha_5 < \alpha_4 < \alpha_2$. Механизм обеспечивает редуцирование вращения с передаточным отношением, равным трем.

4 Раздел – 2 устройства для перемешивания жидкостей.

1. Устройство для перемешивания жидкостей. Изобретение относится к перемешивающим устройствам для смешивания жидкостей и может быть использовано во многих технологических процессах. Например, для интенсификации химических, тепловых и массообменных процессов, а также для приготовления растворов, эмульсий и суспензий [17]. Устройство для перемешивания жидкостей снабжено двумя одинаковыми кривошипами и одним шатуном, у которых особое, пространственное расположение геометрических осей шарниров обеих кривошипов и шатуна, закреплением лопастей на рабочем валу под углом. Так, угол скрещивания осей шарниров кривошипом расположен в пределах от 10 до 55° , а угол скрещивания валов вращения кривошипов и осей шатуна – в пределах от 30 до 90° , параметры кривошипов и шатуна связаны соотношением $l_1 / l_2 = \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2$, и рабочие лопасти закреплены на валу под углом β в пределах $30 \dots 60^\circ$.

Эффективность устройства выражается в упрощении конструкции устройства и значительном повышении интенсификации перемешивания, однородности смеси и производительности перемешивания.

2. *Мешалка для вязких жидкостей.* Изобретение относится к аппаратам с мешалкой для вязких жидкостей, используемых в строительной, сельскохозяйственной, химической и других отраслях народного хозяйства [18].

Мешалка содержит корпус с крышкой, привод, два рабочих вала, шарнирно соединенных с двумя кривошипами, один из которых закреплен на валу привода, а другой шарнирно – на стенке корпуса и закрепленными на валах и кривошипов лопастями. Рабочие валы и кривошипы имеют особое расположение геометрических осей шарниров и кратчайшие расстояния между ними.

При таком конструктивном исполнении мешалка обеспечивает интенсификацию процесса перемешивания объемным воздействием лопастей и дополнительным инерционным силовым воздействием на жидкость.

Эффективность мешалки выражается в значительном повышении однородности смеси и повышении производительности перемешивания.

5 Раздел – 2 Устройства для массажирования мяса.

1. *Устройство для массажирования мяса.* Изобретение относится к мясной промышленности, а именно к устройствам для размягчения мясного сырья массажированием на стадии посола в производстве колбасных и ветчинных изделий на предприятиях мясной промышленности и общественного питания [20].

Устройство для массажирования мяса содержит раму, источник привода, барабан, два кривошипа с расположенными под углом α геометрическими осями шарниров на расстоянии ℓ , шатун, к которому посредством двух кронштейнов закреплен барабан, при этом оси шарниров шатуна и оси валов вращения кривошипов расположены под прямым углом и удалены друг от друга на расстоянии ℓ_1 , равном $\ell_1 = \ell / \sin \alpha$, и шатун шарнирно связан с двумя кривошипами через пальцы, закрепленные на кривошипах.

Устройство обеспечивает массажирование мяса с регулируемым инерционным воздействием и пространственным движением барабана с высокой степенью интенсификации и качества обработки мяса при простой конструкции.

2) *Устройство для массажирования мяса.* Изобретение относится к мясной промышленности, а именно к устройствам для размягчения мясного сырья массажированием на стадии посола в производстве колбасных и ветчинных изделий на предприятиях мясной промышленности и общественного питания [21].

Устройство содержит раму, барабан и источник привода, в котором барабан снабжен двумя пальцами, шарнирно связанными с двумя кривошипами с находящимися под углом α геометрическими осями шарниров, оси кото-

рых отстоят друг от друга на расстоянии ℓ , при этом геометрические оси валов кривошипов и пальцев барабана расположены под прямым углом и удалены друг от друга на расстоянии ℓ_1 , равном $\ell_1 = \ell / \sin \alpha$.

Устройство обеспечивает массажирование мяса с регулируемым инерционным воздействием и пространственным движением барабана с высокой степенью интенсификации и качества обработки мяса при простой конструкции.

6 Раздел – Устройство для тренировки вестибулярного аппарата. Изобретение относится к устройствам для тренировки вестибулярного аппарата у летчиков, космонавтов, спортсменов и может быть использовано также в парках и зонах отдыха трудящихся как устройство для развлечений [22]. Устройство содержит стойку, две кабины, источник привода, приводящий в движение кабины через два кривошипа, шатун и балансир. Балансир и стойка имеют оси вращения, скрещенные под прямым углом и равные длины l_1 , оси шарниров кривошипов скрещены под углом α и отстоят на кратчайшем расстоянии l , равном $l_1 \sin \alpha$, оси шарниров шатуна параллельны, т.е. имеют угол, равный 0 или 180° и расположены на расстоянии $2 l_1$.

Устройство обеспечивает сильный тренировочный эффект в широком диапазоне инерционного воздействия на пассажира.

7 Раздел – Устройство для уплотнения грунта. Изобретение относится к строительству и может быть использовано в трамбовочных машинах и устройствах для уплотнения грунта или асфальтобетона [23]. Содержит корпус с плитой, электродвигатель, на валу которого жестко закреплен кривошип соединенный шарнирно через шатун с ведомым кривошипом, на валу которого закреплен дебаланс. Звенья передачи имеют особое расположение осей шарниров: скрещенные под разными углами α_1 и α_2 и отстоящими на кратчайших расстояниях l_1, l_2 , и связанные соотношением $\ell_1 / \ell_2 = \sin \alpha_1 / \sin \alpha_2$. Устройство обеспечивает сильное, регулируемое в широких пределах инерционное усилие, которое эффективно одновременно уплотняет грунт и перемещает вперед или назад устройство без силового участия оператора.

Выводы. 1. Пространственные механизмы с вращательными шарнирами образовали новую группу в теории механизмов и машин, обладают многими функциональными свойствами и показали эффективность использования в различных разделах техники и технологий.

2. За последние три года состав устройств на базе механизмов этой группы увеличился на пятнадцать единиц, защищенные патентами и полезными моделями в семи разделах техники.

Литература

1. Bennett G.T. A new mechanism. Engineering, London, 1903, p.777-778.
2. Huang, C. 1996. The cylindroid associated with finite motions of the Bennett mechanism. Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences. Irvine. CA.

3. Veldkamp, G. R. 1967. Canonical systems and instantaneous invariants in spatial kinematics. *Journal of Mechanisms*. Vol. 3. pp. 329–388
4. Perez, A., McCarthy, J. M. 2000. Dimensional synthesis of Bennett linkages. *Proceedings of the ASME*.
5. Suh, C. H., Radcliffe, C. W. 1978. *Kinematics and Mechanisms Design*. John Wiley and Sons. Canada.
6. Шитиков Б.В. Исследование пространственных шарнирных механизмов, Рукопись. Отчет о НИР. – Казань: КХТИ, 1958. – 30 с.
7. Мудров П.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами / П. Г.Мудров.– Казань: Изд-во Казанского университета1976. – 264 с.
8. Мудров А. Г. Пространственные механизмы с особой структурой / А.Г. Мудров. Казань: РИЦ «Школа»,2003. – 300 с.
9. Патент полезн. модель № 163709 РФ, МПК F16H 21/48. Механизм шарнирного антипараллелограмма / А. Г. Мудров, Р. Л. Сахапов; № 2015154577 / 11; заявлено 18.12.2015. Оpubл. 10.08.2016 Бюл. № 22.
10. Патент № 2605955 РФ, МПК B01F 21/48. Шарнирно-рычажный механизм / А. Г. Мудров, Р. Л. Сахапов; № 2015126182; заявлено 30.06.2015. Оpubл. 10.01.2017 Бюл. № 1.
11. Патент полезн. модель № 170126 РФ, МПК A22C 9/00. Устройство для массирования мяса / А. Г. Мудров, Р. Л. Сахапов; № 2016107454 / 11; заявлено 01.03.2016. Оpubл. 14.04.2017 Бюл. № 11.
12. Патент № 2602056 РФ, МПК A63G 31/02 (2006.01). Устройство для тренировки вестибулярного аппарата / А. Г. Мудров, Р. Л. Сахапов; №2015100378; заявлено 12.01.2015. Оpubл. 10.11.2016 Бюл. № 31.

Сведения об авторе:

Мудров Александр Григорьевич – доктор технических наук, e-mail:Alexmudrov42@rambler.ru
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, Россия.

STUDY OF SPATIAL MECHANISMS WITH SPECIAL STRUCTURE

Mudrov A.G.

Abstract. The analysis of the state of spatial mechanisms research with a special structure in recent years has been carried out. The peculiarity of the mechanisms lies in the fact that the geometrical axes of its hinges are crossed at different angles and decorated only on rolling or sliding bearings. In domestic and world science there is practically no information about its practical use in technology, because of the special conditions of research and production in models and natural samples. The priority of research and implementation of devices based on them belongs to Kazan scientists. At present, research is being conducted on spatial mechanisms with rotary hinges on further practical use of devices in various sections of technology. They are classified into planar (the links move in the same plane) and spatial (the links move in different planes). Flat mechanisms are rather deeply studied and researched, information about them can be obtained in any textbook on the theory of mechanisms and machines. The links of spatial mechanisms are interconnected in combination with the following kinematic pairs: rotational, ball, translational, ball with a finger, “ball-tube”. Spatial mechanisms with only rotational pairs (hinges) in their development had significant difficulties and problems. Spatial mechanisms with rotary joints have formed a new group in the theory of mechanisms and machines, have many functional properties and have shown the effectiveness of using technology and technology in various sections. Over the past three years, the composition of devices based on the mechanisms of this group has increased by fifteen units, protected by patents and utility models in seven sections of technology.

Key words: spatial mechanisms, rotational hinges, crossed axes, devices, model.

References

1. Bennett G.T. A new mechanism. *Engineering*, London, 1903, p.777-778.
2. Huang, C. 1996. The cylindroid associated with finite motions of the Bennett mechanism. *Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conferences*. Irvine. CA.
3. Veldkamp, G. R. 1967. Canonical systems and instantaneous invariants in spatial kinematics. *Journal of Mechanisms*. Vol. 3. pp. 329–388
4. Perez, A., McCarthy, J. M. 2000. Dimensional synthesis of Bennett linkages. *Proceedings of the ASME*.
5. Suh, C. H., Radcliffe, C. W. 1978. *Kinematics and Mechanisms Design*. John Wiley and Sons. Canada.
6. Shitikov B.V. *Issledovanie prostranstvennykh sharnirnykh mekhanizmov, Rukopis. Otchet o NIR*. [Exploring spatial articulations, Manuscript. Scientific-research report]. – Kazan: KKhTI, 1958. P. 30.
7. Mudrov P.G. *Prostranstvennye mekhanizmy s vraschatelnymi parami*. [Spatial mechanisms with rotational pairs]. / P. G.Mudrov. - Izd-vo Kazanskogo universiteta, Kazan,1976. P. 264.
8. Mudrov A.G. *Prostranstvennye mekhanizmy s osoboy strukturoy*. [Spatial mechanisms with a special structure]. / A.G. Mudrov - Kazan: RITs “Shkola”, 2003. P. 300.
9. Patent polezn. model №163709 RF, MPK F16H 21/48. *Mekhanizm sharnirnogo antiparallelogramma*. [The mechanism of the articulated anti-parallelogram]. / A.G. Mudrov, R.L. Sakhapov; № 2015154577 / 11; zayavleno 18.12.2015. Opubl. 10.08.2016 Byul. № 22.
10. Patent № 2605955 RF, MPK V01F 21/48. *Sharnirno-rychazhnyy mekhanizm*. [Hinge-lever mechanism]. / A. G. Mudrov, R. L. Sakhapov; № 2015126182; zayavleno 30.06.2015. Opubl. 10.01.2017 Byul. № 1.
11. Patent polezn. model № 170126 RF, MPK A22C 9/00. *Ustroystvo dlya massirovaniya myasa*. [A device for massaging of meat]. / A. G. Mudrov, R. L. Sakhapov; № 2016107454 / 11; zayavleno 01.03.2016. Opubl. 14.04.2017 Byul. № 11.
12. Patent № 2602056 RF, MPK A63G 31/02 (2006.01). *Ustroystvo dlya trenirovki vestibulyarnogo apparata*. [Device for training the vestibular apparatus]. / A. G. Mudrov, R. L. Sakhapov; №2015100378; zayavleno 12.01.2015. Opubl. 10.11.2016 Byul. № 31.

Author:

Mudrov Aleksandr Grigorievich - Doctor of Technical Sciences, e-mail: Alexmudrov42@rambler.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia