

М.Е. Калекеева*, **Ю.Г. Литвинов**
Академия Гражданской Авиации, Алматы, Казахстан
*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

ЗУБЧАТЫЙ ШАРНИР ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Аннотация. В данной работе кратко представлен зубчатый шарнир с двумя степенями свободы и описана возможность его использования для манипуляторов и беспилотных летающих манипуляторов. Разработана кинематическая схема зубчатого соединения с его кинематическими характеристиками. Его кинематическая характеристика выражается как функция параметров внешних приложенных крутящих моментов и входных скоростей на валу. Рассмотрены общие схемы конструкции манипулятора с зубчатым соединением и анализ работы зубчатого соединения.

Ключевые слова: шарнир, шестерня, манипулятор, конструкция, кинематическая схема.

Введение. Шестерни используются в различных видах применения, таких как манипуляторы, лифты, тяжелые машины, мосты, приводы транспортных средств, конечные передачи и другие механизмы, главным образом в качестве редуктора. Высокая эффективность зубчатых колес зависит от различных факторов, например, типов и профилей зубьев, контактных напряжений, количества зубьев и подшипников. Основы теории зубчатых колес, расчетное проектирование, разработка, моделирование люфта и анализ напряжений зубчатых колес были изложены в работах [1, 4,5]. Шестерни и коробки передач могут быть выполнены в виде планетарных коробок передач с бесступенчатой трансмиссией (вариатор). Этот тип механизма способен изменять передаточное число благодаря приложенной нагрузке через 2DOF, как представлено в [2]. С высокой эффективностью планетарная зубчатая передача была описана в работе [3], которая имеет КПД передачи мощности 0,996. Эта зубчатая передача представляет собой одноступенчатую планетарную передачу. Механизм состоит из солнечной шестерни, входного и выходного водила, сателлитов, кольцевой шестерни и опоры.

Зубчатые передачи также могут быть использованы в робототехнике и различных типах манипуляторов в качестве редуктора скорости в R-образных соединениях. Во многих исследовательских работах, например [6,9,10], ловкость, рабочее пространство и особенность новых разработок параллельных манипуляторов 3 revolute (R) были представлены с учетом влияния размера регулируемых звеньев на производительность манипулятора. Другой случайный планарный 5-ти оборотный параллельный механизм, имеющий 9 режимов срабатывания, был описан в работе [7]. В работе [8] представлен редукторный шарнир с 2 ДОФ и возможность его использования для манипуляторов.

Открытые проблемы могут быть выявлены в высокой эффективности, учитывая плавное изменение передаточного отношения, КПД, подвижное зубчатое соединение в пространстве, плавное движение. В данной работе представлена конструкция нового зубчатого соединения для различных манипуляторов. Основное внимание в зубчатом соединении уделяется особенностям, пригодным для использования предлагаемого механизма в приложениях, где приложенная мощность нагрузки может генерировать критические ситуации.

Кинематические характеристики и требования

В данной исследовательской работе предложенное новое зубчатое соединение представлено в виде зубчатой передачи с планетарной передачей. В основном предлагаемый механизм состоит из 2-х подвижных планетарных редукторов. Основными требованиями к новой конструкции могут быть как легкая конструкция с несколькими компонентами, низкое энергопотребление, высокое соотношение, плавное движение, высокая эффективность, адаптация к приложенной внешней нагрузке, так и гибкое соединение в пространстве. Эти

описанные требования накладывают необходимые эксплуатационные характеристики на предлагаемое зубчатое соединение.

Новый зубчатый шарнир представляет собой компактную конструкцию с 2 ДОФ с компактным зубчатым механизмом, состоящим из входного водила (рычага) C1, выходного водила (рычага) C2, входных и выходных солнечных шестерен 1 и 4, установленных на валу шпонкой, входных и выходных сателлитов 2 и 5, входных и выходных кольцевых внутренних шестерен 3 и 6, закрепленных вместе в виде твердого тела, Кинематическая схема которого представлена на рис.1. Следующие шестерни 2 – 3 – 6 – 5 – 4 – 1 создана замкнутая механическая цепь с такой операцией, как дифференциал.

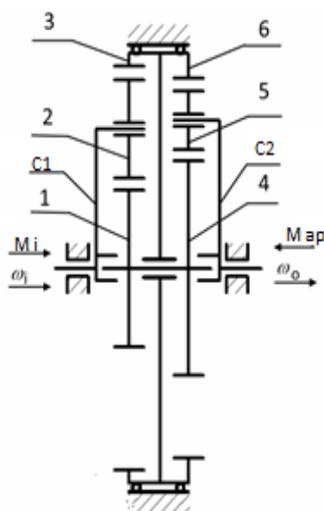


Рисунок 1. Кинематическая схема нового зубчатого соединения: (C1-входная несущая, 1 - входная солнечная шестерня, 4 - выходная солнечная шестерня, 2 - входной сателлит, 5-выходной сателлит, 3 - входная кольцевая шестерня, 6 - выходная кольцевая шестерня, C2 - выходная несущая).

Носитель C1 передает приложенную движущую силу на замкнутую механическую цепь (2 – 3 – 6 – 5 – 4 – 1) затем несущая C2 передает выходные силы сопротивления. Движение может начинаться в фиксированное выходное напряжение несущей C1 с одного ФО. Для передачи движения от входного носителя C1 к выходному носителю C2 сателлит 5 должен быть зафиксирован таким образом, чтобы этот момент достигался также трением на зубчатых контактах. Это одна из особенностей системы. Входной носитель C1 толкает входной сателлит 2, который перемещает как входную солнечную шестерню 1, так и входную кольцевую шестерню 3, которая передает различные усилия на выходную кольцевую шестерню 6 и выходную солнечную шестерню 4 соответственно. Таким образом, спутник 5 толкается с различными силами, передаваемыми от его контактов с выходным кольцевым зубчатым колесом 6 и выходным солнечным зубчатым колесом 4, и поэтому водило C2 движется. Кроме того, система сможет работать с 2 DOF из-за возможности активации второго DOF, когда шестерня 5 будет разблокирована путем преодоления трений на контактах зубьев шестерни и внутренних сил [8].

Основные характеристики предлагаемого механизма заключаются в двух входных подвижных звеньях, КПД, высоком передаточном отношении, низких потерях энергии, подвижном соединении, 2DOF, плавно меняющемся передаточном отношении. Предлагаемый механизм может быть подходящим решением зубчатого соединения для многих непостоянных режимов работы, так как он способен адаптировать свою работу к переменным прикладываемым нагрузкам. Характеристика предлагаемого механизма в качестве кинематической характеристики может быть выражена как функция параметров внешних моментов на носителях MC1, MC2 и входной угловой скорости ω_{C1} . Если обратиться к рис.

1, то соотношения между угловыми скоростями зубчатых колес с зубьями $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ можно выразить следующим образом

$$\frac{\omega_1 - \omega_{C1}}{\omega_3 - \omega_{C1}} = u_{13}^{(C1)} \quad (1)$$

$$\frac{\omega_1 - \omega_{C2}}{\omega_3 - \omega_{C2}} = u_{46}^{(C2)} \quad (2)$$

где

$$u_{13}^{(C1)} = -\frac{z_3}{z_1}$$

$$u_{46}^{(C2)} = -\frac{z_6}{z_4} \quad (3)$$

$$\omega_{C2} = M_{C1} \omega_{C1} / M_{C2} \quad (4)$$

при z_i - число зубьев в зубчатых колесах ($i=1,6$). Из уравнений (1) и (2) угловые скорости ω_3, ω_1 зубчатых колес 3 и 1 будут получены как

$$\omega_3 = \frac{(u_{13}^{(C1)} - 1)\omega_{C1} - (u_{46}^{(C2)} - 1)\omega_{C2}}{u_{13}^{(C1)} - u_{46}^{(C2)}} \quad (5)$$

$$\omega_1 = u_{13}^{(C1)}(\omega_3 - \omega_{C1}) + \omega_{C1} \quad (6)$$

Таким образом, при заданном входном движении с ω_{C1} и M_{C1} выходное движение получается с ω и M .

Виртуальная конструкция зубчатого соединения

С использованием САПР в программном обеспечении SolidWorks был разработан виртуальный компьютерный проект зубчатого соединения с планетарным редуктором. 3D-модель предлагаемого механизма зубчатого соединения с основными компонентами показана на рис. 2, относящемся к рис. 1. Как видно на рис. 2, С1-вход, 1-входная солнечная шестерня, 2-входной сателлит, 3-входная кольцевая шестерня, 4 - выходная солнечная шестерня, 5-выходной сателлит, 6-выходная кольцевая шестерня, С2 - выходная несущая. Параметры зубчатых колес, модуль зубчатых колес и количество зубьев приведены в таблице 1.

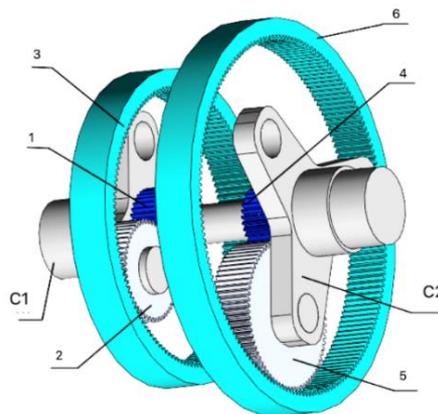


Рисунок 2. 3D-модель планетарной передачи для нового зубчатого соединения на рис.1.

Таблица 1. Основные характеристики зубчатых колес на рис.2

Number of gears	1	2	3	4	5	6	Module
Number of teeth	35	80	85	5	5	45	0.50

Предлагаемый зубчатый шарнир в основном состоит из планетарного редуктора. На рис. 2 представлена 3D - конструкция планетарного зубчатого механизма для нового зубчатого соединения, в котором показаны основные функциональные компоненты без подшипников, крышка, корпус и общие коммерческие компоненты. Полная механическая конструкция и ее развернутый вид предлагаемого механизма показаны на рис. 3.

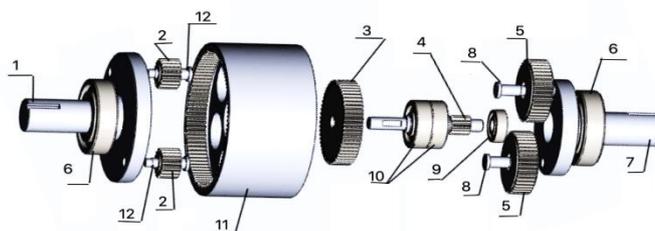


Рисунок 3. Схема сборки зубчатого соединения на рис. 2: 1-входное (валовое) водило; 2 - входной сателлит; 3 - входное солнечное колесо; 4 - вал выходного солнечного колеса; 5 - выходной сателлит; 6- подшипник; 7 - выходное (валовое) водило; 8 - вращения сателлитов; 9,10 - подшипник; 11 - колесо; 12 – вращение

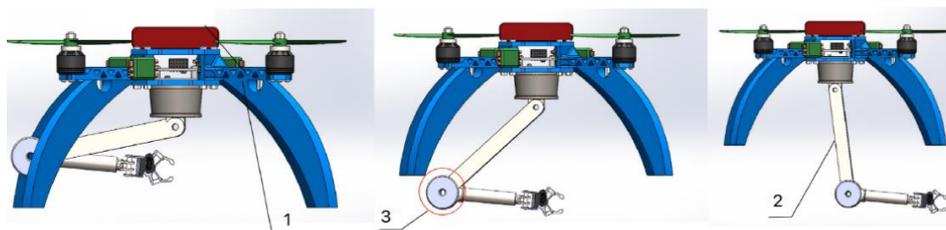


Рисунок 4. Схема манипулятора с шарниром коробки передач: (1 и 2 - звенья; 3 - шарнир коробки передач).

Это предлагаемое зубчатое соединение с двумя степенями свободы обеспечивает режим остановки движения при достижении наибольшего значения переменного сопротивления. При этом движущийся компонент звена остается неподвижным, а двигатель работает с той же скоростью непрерывно. Режим остановки позволяет избежать перегрузок и преодоления аварийных ситуаций. В манипуляторах с зубчатыми шарнирами режим остановки будет преодолевать перемещением других звеньев, что приводит к снижению сопротивления.

Общие характеристики конструкции могут относиться к практическому применению зубчатого соединения для беспилотных летающих манипуляторов, как показано на рис.4.

Основная цель нового зубчатого соединения связана с возможностью адаптации работы к различным условиям нагрузки за счет сохранения высокого КПД и соотношения входных и выходных нагрузок.

Предложенное конструктивное решение механизма может обеспечить перемещение выходного звена со скоростью, обратно пропорциональной нагрузкам на вал. Эти описанные особенности пригодны для использования конструкции в таких приложениях, как зубчатое соединение в беспилотных летающих манипуляторах, где требуется плавное управление передаточным отношением.

Взаимодействие зубчатых шарниров манипуляторов

Для разработки регулируемого привода манипулятора с механическим преобразователем может быть использован механизм сцепления редуктора. Этот механизм может обеспечить движение подвижной части модуля со скоростью, обратной силовой нагрузке модуля при постоянной мощности двигателя. Циркуляция энергии в замкнутой цепи приведет к перераспределению внутренних скоростей в режиме с двумя степенями свободы и к образованию внутреннего дополнительного сопротивления в режиме с одной степенью свободы. На рис. 5 показана схема беспилотного летающего манипулятора с зубчатым шарниром и модулем поступательного движения в качестве примера исследования.

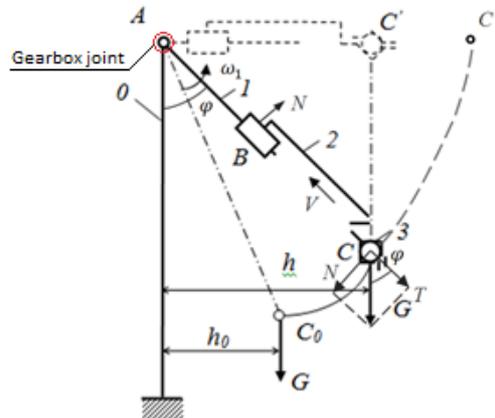


Рисунок 5. Схема взаимодействия зубчатого соединения с поступательным звеном

На рис. 5 показан беспилотный летательный манипулятор, состоящий из беспилотного летательного аппарата (БПЛА), подъемного элемента (звена) 1 с зубчатым шарниром в точке А, захвата 3 в точке С, звена 2 поступательного привода в точке В и рамы О захвата 3 в точке С. Движущиеся объекты массой G помещают на захват 3.

Движущиеся объекты массой G помещают на захват 3. Объект поднимается при движении манипулятора по суставу в А. Двигатель со звеном 1 зубчатого шарнира обеспечивает поворот в направлении стрелки и преодолевает момент сопротивления $M=GL$, где L - сила рычага. В исходном положении поворотное звено 1 располагается вертикально, а сила рычага равна 0 ($h=0$). Во время вращения, в силу l усиливается, и момента сопротивления m, также увеличивается. При достижении максимального момента сопротивления привода ($M=M_{max}$) модуль 1 останавливается, и зубчатое соединение переходит в режим остановки. Шестерня работает непрерывно, и объект в захвате 3 в точке С остается неподвижным. В этот момент активируется приводное устройство 2 поступательного движения. Звено 2 начинает перемещать захват 3 с объектом в направлении стрелки V и сила рычага уменьшается. Соединение зубчатого узла 1 выходит из режима остановки движения и обеспечивает подъем объекта вместе со звеном 2.

Численный пример расчета мощности для этого движения может быть выражен следующим образом

$$P_{max} = P_{Amax} + P_{Bmax} \tag{7}$$

Сравнение работы обычных приводов с зубчатыми шарнирными приводами.
Обычные диски:

$$P_{Amax} = M_{max} \cdot \omega_1 \tag{8}$$

$$M_{max} = G \cdot L \quad (9)$$

$$P_B = G \cdot V \quad (\varphi = 0) \quad (10)$$

где ω_1 – угловая скорость; V – поступательная скорость; φ - угол плеча.

Приводы с зубчатым соединением:

$$M_{max} = G \cdot L \cdot \sin\varphi \quad (11)$$

$$P_{Amax} = G \cdot L \cdot \sin\varphi \cdot \omega_1 \quad (12)$$

$$P_{Bmax} = G \cos \varphi \cdot V \quad (13)$$

Предполагая для обычных приводов $\omega_1 = 11$ об / мин; $L=0,7$ м; $G = 11$ Н; $V=0,3$ м/с и для приводов с зубчатым соединением $G = 11$ Н; $L=0,7$ м; $\omega_1 = 11$ об/мин; $V=0,3$ м / с; $\varphi=300$, расчет мощности для двух случаев может быть рассчитан с помощью модели в уравнениях (7) - (13). Расчетные результаты параметров численной проверки представлены в таблице 2. Как видно из приведенных в таблице численных результатов манипуляторы с зубчатым соединением не требуют большей мощности, чем манипуляторы с обычными приводами.

Таблица 2. Вычисленные параметры, относящиеся к рис. 5.

Параметров привода	Обычные диски			Приводы с зубчатым соединением		
	P_{max}	P_{Amax}	P_{Bmax}	P_{max}	P_{Amax}	P_{Bmax}
Значение, Вт	84.91	84,7	0.21	45.22	42.35	2.87

Заключение. В этом исследовании зубчатое соединение с двумя степенями свободы было разработано для практического применения в беспилотных летающих манипуляторах. Это описанное зубчатое соединение способно обеспечить режим остановки движения при достижении наибольшего значения переменного сопротивления во избежание критической ситуации. Разработана характеристика зубчатого соединения и основные требования к механизму. Введена простая кинематическая схема беспилотного летающего манипулятора с зубчатым шарниром, где взаимодействие зубчатого шарнира описывается как взаимодействие с штатными приводами манипуляторов. Приведен пример, позволяющий представить как целесообразность применения предложенного зубчатого соединения в беспилотном летающем манипуляторе, так и охарактеризовать основные преимущества в эффективности работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Литвин Ф. Л., Фуэнтес А. Геометрия зубчатых колес и прикладная теория. Учебник, Кембридж, Редактор Cambridge University Press, Второе издание. 2004, 795 стр.
- [2] Балбаев Г., Чеккарелли М. Проектирование и характеристика новой планетарной коробки передач. Механизмы, передачи и приложения, Механизмы и машиностроение, Том 17, 2013, стр. 91-98.
- [3] Кубо А. Будущее механической силовой передачи и приводной линии 2013 года-взгляд из Японии. Теория и практика зубчатых передач – 2014, Труды Международного симпозиума, Ижевск, 2014, с. 50-55.

[4] Фетвачи С. Определение эвольвентных цилиндрических зубчатых профилей, генерируемых зубчатыми более острыми резцами. Механическое проектирование конструкций и машин, Том 38, выпуск 4, 2010, с. 481-492.

[5] Thirumurugan R., Muthuveerappan G. Критические точки нагружения для максимальных угловых и контактных напряжений в цилиндрических зубчатых колесах с нормальным и высоким коэффициентом контакта на основе коэффициента распределения нагрузки. Механическое проектирование конструкций и машин, Том 39, выпуск 1 2011, с. 118-141.

[6] Ву Г., Бай С. Проектирование и кинематический анализ сферического параллельного манипулятора 3-PPP, реконфигурированного с четырьмя стержневыми связями. Робототехника и компьютерно-интегрированное производство, Том 56, 2018, стр. 55-65.

[7] Ван, Л., Чжан, З., Шао, З., Тан, Х. Анализ и оптимизация нового плоского параллельного механизма 5R с переменными режимами срабатывания. Робототехника и компьютерно-интегрированное производство, Том 56, 2018, с. 178-190.

[8] Иванов К., Чеккарелли М., Есемесова Г., Нургизат Ю., Балбаев Г. Проектирование и характеристика редукторного соединения манипуляторов. Механизмы и машиностроение, Том 73, 2019, стр. 2261-2268,

[9] Ахмад аль-Керем. Формирование круговой формы с использованием Самоадаптивного Коллективного движения Роевых роботов. Международный журнал передовых тенденций в области компьютерных наук и инженерии, том 8, № 5, в 2019, стр. 2054-2061.

[10] Суприйоно Иман Маварди, Валуйо Ади Сисванто. Разработка модуля управления двигателем Модуля Манипулятора на базе Arduino для увеличения мощности и крутящего момента двигателя мотоцикла. Международный журнал передовых тенденций в области компьютерных наук и инженерии том 8, № 5, в 2019, стр. 3135-3139.

[11] Масштаб светодиодного промышленного освещения достигнет 2,9 млрд долларов США в 2016 году // [www.ledinside.com / node / 24822](http://www.ledinside.com/node/24822). 2 марта 2016 г.

[12] Глобальное светодиодное и интеллектуальное уличное освещение (2016-2026) / www.prnewswire.com, 24 января 2017 г.

[13] Глобальное светодиодное и интеллектуальное уличное освещение (2015-2025) / www.northeast-group.com, Reportlinker / Vol 2, апрель 2015.

[14] Решения для современных тенденций в области светодиодного освещения с низким энергопотреблением /Бэйн Джонсон, Джеймс Ли//www.fairchildsemi.com. Март 2012 г.

[15] Ван Ха Нгуен, Сангук Нам, Килсу Сео, Йонгсу Парк и Ханджунг Сонг, «Низкая стоимость, высокий коэффициент мощности, диммируемый, монолитный светодиодный драйвер прямого переменного тока со встроенным ступенчатым диммером для наружного применения», Международный журнал инженерии Технологии. Том 8, No6, декабрь 2016 г., - стр. 414-417. DOI:10.7763/IJET.2016.V8.924.

[16] X. Ma, B. Yu, K. Fen, D. J. Lai и Ч. Чжэн, «Новый предварительный регулятор PFC на основе SEPIC без электролитического конденсатора для применения в светодиодном освещении с ШИМ-регулировкой яркости на основе схемы заполнения впадин», *Конгресс и выставка IEEE Energy Conversion 2011*, Феникс, Аризона, сентябрь 2011 г., стр. 2310-2317. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064075.

[17] X. Ma, B. Yu, C. Чжэн, Дж. Лай, К. Фэн и Б. Чен, «Пререгулятор PFC с универсальным входом и высоким коэффициентом мощности без электролитического конденсатора для применения в светодиодном освещении с ШИМ-регулировкой яркости», 2011 г. Конгресс и выставка IEEE Energy Conversion, Феникс, Аризона, сентябрь 2011 г., стр. 2288-2295. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064072.

[18] Ю. Ху, Л. Хубер и М. М. Йованович, «Одноступенчатый светодиодный драйвер переменного / постоянного тока с универсальным входом и регулируемым током повышающего индуктора PFC», в *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 27, нет. 3, стр. 1579-1588, март 2012 г., DOI:10.1109 / TPEL.2010.2082564.

[19] М. Бркович и С. Цук, «Формирователь входного тока с использованием преобразователя Cuk», [Труды] Четырнадцатая Международная конференция по электросвязи и энергетике - INTELEC '92, Вашингтон, округ Колумбия, США, август 1992 г., стр. 532-539,

[20] DSL Симонетти, Дж. Себастьян и Дж. Учедда, «Пререгуляторы коэффициента мощности Sepic и Cuk с прерывистой проводимостью: анализ и проектирование», в *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 44, нет. 5, стр. 630-637, октябрь 1997 г., DOI: 10.1109 / 41.633459.

REFERENCES

- [1] Litvin F. L., Fuentes A. Geometriya zubchatykh koles i prikladnaya teoriya. Uchebnik, Kembriđzh, Redaktor Cambridge University Press, Vtoroe izdanie. 2004, 795 str.
- [2] Balbaev G., Chekkarelli M. Proektirovanie i kharakteristika novoi planetarnoi korobki peredach. Mekhanizmy, peredachi i prilozheniya, Mekhanizmy i mashinostroenie, Tom 17, 2013, str. 91-98.
- [3] Kubo A. Budushchee mekhanicheskoi silovoi peredachi i privodnoi linii 2013 goda-vzglyad iz Yaponii. Teoriya i praktika zubchatykh peredach – 2014, Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma, Izhevsk, 2014, s. 50-55.
- [4] Fetvachi S. Opredelenie evol'ventnykh tsilindricheskikh zubchatykh profilei, generiruemykh zubchatymi bolee ostrymi reztsami. Mekhanicheskoe proektirovanie konstruksii i mashin, Tom 38, vypusk 4, 2010, s. 481-492.
- [5] Thirumurugan R., Muthuveerappan G. Kriticheskie točki nagruzheniya dlya maksimal'nykh uglovykh i kontaknykh napryazhenii v tsilindricheskikh zubchatykh kolesakh s normal'nyim i vysokim koefitsientom kontakta na osnove koefitsienta raspredeleniya nagruzki. Mekhanicheskoe proektirovanie konstruksii i mashin, Tom 39, vypusk 1 2011, s. 118-141.
- [6] Vu G., Bai S. Proektirovanie i kinematicheskii analiz sfericheskogo parallel'nogo manipulyatora 3-RRR, rekonfigurirovannogo s chetyr'mya sterzhnevymi svyazyami. Robototekhnika i komp'yuterno-integririrovannoe proizvodstvo, Tom 56, 2018, str. 55-65.
- [7] Van, L., Chzhan, Z., Shao, Z., Tan, Kh. Analiz i optimizatsiya novogo ploskogo parallel'nogo mekhanizma 5R s peremennymi rezhimami srabatyvaniya. Robototekhnika i komp'yuterno-integririrovannoe proizvodstvo, Tom 56, 2018, s. 178-190.
- [8] Ivanov K., Chekkarelli M., Esemesova G., Nurgizat Yu., Balbaev G. Proektirovanie i kharakteristika reduktornogo soedineniya manipulyatorov. Mekhanizmy i mashinostroenie, Tom 73, 2019, str. 2261-2268.
- [9] Akhmad al'-Kerem. Formirovanie krugovoi formy s ispol'zovaniem Samoadaptivnogo Kollektivnogo dvizheniya Rovevykh robotov. Mezhdunarodnyi zhurnal peredovykh tendentsii v oblasti komp'yuternykh nauk i inzhenerii, tom 8, № 5, v 2019, str. 2054-2061.
- [10] Supriiono Iman Mavardi, Valuio Adi Sisvanto. Razrabotka modulya upravleniya dvigatelem Modulya Manipulyatora na baze Arduino dlya uvelicheniya moshchnosti i krutyashchego momenta dvigatelya mototsikla. Mezhdunarodnyi zhurnal peredovykh tendentsii v oblasti komp'yuternykh nauk i inzhenerii tom 8, № 5, v 2019, str. 3135-3139.
- [11] Masshtab svetodiodnogo promyshlennogo osveshcheniya dostignet 2,9 mlrd dollarov SShA v 2016 godu // [www.ledinside.com / node / 24822](http://www.ledinside.com/node/24822). 2 mapra 2016 r.
- [12] Global'noe svetodiodnoe i intellektual'noe ulichnoe osveshchenie (2016-2026) / www.prnewswire.com, 24 yanvarya 2017 g.
- [13] Global'noe svetodiodnoe i intellektual'noe ulichnoe osveshchenie (2015-2025) / www.northeast-group.com, Reportlinker / Vol 2, april 2015.
- [14] Resheniya dlya sovremennykh tendentsii v oblasti svetodiodnogo osveshcheniya s nizkim energopotrebleniem / Bein Dzhonson, Dzheims Li//www.fairchildsemi.com. Mart 2012 g.
- [15] Van Kha Nguen, Sanguk Nam, Kilsu Seo, Iongsu Park i Khandzhung Song, «Nizkaya stoimost', vysokii koefitsient moshchnosti, dimmiruemyi, monolitnyi svetodiodnyi draiver pryamogo peremennogo toka so vstroennym stupenchatym dimmerom dlya naruzhnogo primeneniya», Mezhdunarodnyi zhurnal inzhenerii Tekhnologii. Tom 8, No6, dekabr' 2016 g., - str. 414-417. DOI:10.7763/IJET. 2016.V8.924.
- [16] Kh. Ma, V. Yu, K. Fen, Dzh. Lai i Ch. Chzhen, «Novyi predvaritel'nyi regulyator PFC na osnove SEPIC bez elektroliticheskogo kondensatora dlya primeneniya v svetodiodnom osveshchenii s ShIM-regulirovkoj yarkosti na osnove skhemy zapolneniya vpadin», Kongress i vystavka IEEE Energy Conversion 2011, Feniks, Arizona, sentyabr' 2011 g., str. 2310-2317. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064075.
- [17] Kh. Ma, V. Yu, Ch. Chzhen, Dzh. Lai, K. Fen i B. Chen, «Predregulyator PFC s universal'nyim vkhodom i vysokim koefitsientom moshchnosti bez elektroliticheskogo kondensatora dlya primeneniya v svetodiodnom osveshchenii s ShIM-regulirovkoj yarkosti», 2011 g. Kongress i vystavka IEEE Energy Conversion, Feniks, Arizona, sentyabr' 2011 g., str. 2288-2295. DOI: 10.1109 / ECCE.2011.6064072.
- [18] Yu. Khu, L. Khuber i M. M. Iovanovich, «Odnostupenchatyi svetodiodnyi draiver peremennogo / postoyannogo toka s universal'nyim vkhodom i reguliruемым tokom povyshayushchego induktora PFC», v IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 27, net. 3, str. 1579-1588, mart 2012 g., DOI:[10.1109 / TPEL.2010.2082564](https://doi.org/10.1109/TPEL.2010.2082564).

[19] M. Brkovich i S. Tsuk, «Formirovatel' vkhodnogo toka s ispol'zovaniem preobrazovatelya Cuk», [Trudy] Chetyrnadtsataya Mezhdunarodnaya konferentsiya po elektrosvyazi i energetike - INTELEC '92, Vashington, okrug Kolumbiya, SShA, avgust 1992 g., str. 532-539.

[20] DSL Simonetti, Dzh. Sebast'yan i Dzh. Ucheda, «Preregulyatory koeffitsienta moshchnosti Sepic i Cuk s preryvistoi provodimost'yu: analiz i proektirovanie», v IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 44, net. 5, str. 630-637, oktyabr' 1997 g., DOI: 10.1109 / 41.633459.

М.Е. Калекеева*, Ю.Г. Литвинов

Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

АУА МАНИПУЛЯТОРЛАРЫНА АРНАЛҒАН ТІСТІ ТОПСА

Андатпа. Бұл жұмыста екі еркіндік дәрежесі бар тісті топса қысқаша ұсынылған және оны манипуляторлар мен ұшқышсыз ұшатын манипуляторлар үшін пайдалану мүмкіндігі сипатталған. Кинематикалық сипаттамалары бар тісті қосылыстың кинематикалық схемасы жасалды. Оның кинематикалық сипаттамасы білікке қолданылатын сыртқы моменттер мен кіріс жылдамдықтарының параметрлері функциясы ретінде көрінеді. Тісті қосылымы бар манипуляторды жобалаудың жалпы схемалары және редуктордың жұмысын талдау қарастырылады.

Негізгі сөздер: топса, беріліс, манипулятор, дизайн, кинематикалық схема.

M.E. Kalekeyeva*, Y.G. Litvinov

Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan

*e-mail: kalekeeva.m@mail.ru

HUNTING HINGES FOR AIR MANIPULATORS

Abstract. This paper briefly presents a gear joint with two degrees of freedom and describes possibility of use for manipulators and unmanned flying manipulators. A kinematic scheme for a gear joint is developed with its kinematic characterizations. Its kinematic characterization is expressed as function of parameters of external applied torques and input speeds on the shaft. General schemes are considered for a manipulator design with gear joint and for operation analysis of a gear joint.

Keywords: joint, gear, manipulator, design, kinematic scheme.