

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 236067

**УРАВНОВЕШЕННЫЙ ШЕСТИСАТЕЛЛИТНЫЙ
ПЛАНЕТАРНЫЙ МЕХАНИЗМ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Жуков Иван Алексеевич (RU), Филипенко Ирина Анатольевна (RU), Максимов Иван Владимирович (RU), Верховский Михаил Игоревич (RU)*

Заявка № 2025116264

Приоритет полезной модели 11 июня 2025 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 24 июля 2025 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 11 июня 2035 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F16H 1/32 (2025.05)

(21)(22) Заявка: 2025116264, 11.06.2025

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.06.2025

Дата регистрации:
24.07.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.06.2025

(45) Опубликовано: 24.07.2025 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
ФГБОУ ВО "СПГУ", Патентно-лицензионный
отдел

(72) Автор(ы):

Жуков Иван Алексеевич (RU),
Филипенко Ирина Анатольевна (RU),
Максимов Иван Владимирович (RU),
Верховский Михаил Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2701296 C1, 25.09.2019. RU 232948
U1, 28.03.2025. DE 10003350 A1, 09.08.2001. CA
3011131 A1, 21.01.2019.

(54) УРАВНОВЕШЕННЫЙ ШЕСТИСАТЕЛЛИТНЫЙ ПЛАНЕТАРНЫЙ МЕХАНИЗМ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к машиностроению, а конкретнее к зубчатым механизмам, в которых одно из центральных колес неподвижно, а сателлиты имеют подвижные геометрические оси. Техническим результатом является уменьшение износа сателлитов. Все шесть сателлитов передают вращательное

движение и силы от центрального ведущего зубчатого колеса на водило одинаковым образом, обеспечивая равномерное распределение нагрузки по сателлитам, уменьшая тем самым их износ, что в совокупности обеспечивает увеличение срока службы шестисателлитного планетарного механизма.

RU 236067 U1

RU 236067 U1

Полезная модель относится к машиностроению, а конкретнее к зубчатым механизмам, в которых одно из центральных колес неподвижно, а сателлиты имеют подвижные геометрические оси.

Известен односателлитный планетарный механизм (Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - 4-е изд. - М.: Наука, 1988, стр. 500, рис. 24.2.а), который содержит центральное ведущее зубчатое колесо, один сателлит, водило и опорное неподвижное зубчатое колесо.

Недостатками такого механизма является то, что сателлит имеет смещенную относительно оси вращения всего механизма массу, что при его движении приведет к появлению в механизме дисбаланса сил, вызванного переменной по направлению инерционной силой сателлита, что в итоге вызывает динамическую неуравновешенность и может приводить к перегрузкам и разрушению подшипниковых опор всего механизма, а также передача мощности лишь через один сателлит.

Известен уравновешенный односателлитный планетарный механизм (Патент РФ № 141206, опубл. 27.05.2014), содержащий центральное колесо, сателлит, водило и неподвижное колесо, в котором на водило жестко установлено диаметрально противоположно сателлиту уравновешенное тело в виде шара или цилиндра, масса которого выбирается равной массе сателлита, а радиус центра массы тела равен радиусу водила.

Недостатком данного механизма является установка уравновешенного тела в виде шара или цилиндра вместо второго колеса-сателлита, что ведет к передаче мощности лишь через один сателлит.

Известен шестисателлитный планетарный механизм (Макиенко А.В., Дворников Л.Т. Проблема избыточных связей в планетарных механизмах // Международный журнал экспериментального образования. 2010, №8, стр. 153, 1-й рис. справа), который содержит центральное неподвижное зубчатое колесо, шесть сателлитов, водило и опорное ведущее зубчатое колесо.

Недостатком такого механизма является то, что при введении в механизм шести сателлитов он становится неработоспособным, а при принуждении механизма к движению создаются зазоры в зацеплениях, исключая, таким образом, пять сателлитов из передачи движения и сил, что приводит к передаче мощности только через один сателлит, износу сателлитов во время движения и уменьшению срока службы планетарного механизма.

Известна самоустанавливающаяся шестисателлитная планетарная передача (Дворников Л.Т., Герасимов С.П. Принципиальные проблемы многосателлитных планетарных зубчатых передач и возможные пути их разрешения // Фундаментальные исследования. 2017, №12-1, стр. 50, 1-й рис. снизу), состоящая из центрального ведущего зубчатого колеса, неподвижного центрального колеса с внутренним зацеплением, шести сателлитов, соединенных пятью трехпарными рычагами, и водила, в котором первый и второй сателлиты передачи связаны между собой через шарниры первым трехпарным рычагом, входящим в шарниры со вторым трехпарным рычагом, который вторым шарниром соединен с третьим трехпарным рычагом, входящим в шарниры с четвертым трехпарным рычагом, который соединен через шарниры с третьим и четвертым сателлитом, а также с пятым трехпарным рычагом, который соединен через шарниры с пятым и шестым сателлитами, а третьим шарниром соединен с водилом передачи.

Недостатком такой передачи является то, что водило, второй и третий трехпарные рычаги имеют смещенную относительно оси вращения всего механизма массу, что при их движении приводит к появлению в механизме дисбаланса сил, вызванного переменной

по направлению инерционной силой водила, второго и третьего трехпарных рычагов, что в итоге вызывает динамическую неуравновешенность и может приводить к перегрузкам и разрушению подшипниковых опор всего механизма, а также вызвать нежелательные колебания звеньев.

5 Известна самоустанавливающаяся шестисателлитная планетарная передача (Патент РФ № 2662604, опубл. 26.07.2018), взятая за прототип, состоящая из центрального ведущего зубчатого колеса, неподвижного центрального колеса с внутренним зацеплением, шести сателлитов и водила, в которой сателлиты попарно соединены между собой двумя шарнирами трехпарных шатунов, третьи шарниры которых
10 соединены с четвертым и пятым трехпарными шатунами, шарнирно соединенными между собой, при этом третий шарнир пятого трехпарного шатуна соединен с водилом.

Недостатком такой передачи является то, что водило, первый, второй, третий, четвертый и пятый трехпарные шатуны имеют смещенную относительно оси вращения всего механизма массу, что при их движении приводит к появлению в механизме
15 дисбаланса сил, вызванного переменной по направлению инерционной силой водила, первого, второго, третьего, четвертого и пятого трехпарных шатунов, что в итоге вызывает динамическую неуравновешенность и может приводить к перегрузкам и разрушению подшипниковых опор всего механизма, а также вызвать нежелательные колебания звеньев.

20 Техническим результатом является уменьшение износа сателлитов.

Технический результат достигается тем, что первый, второй и третий трехпарные шатуны выполнены по дугам окружности радиусом, равным межосевому расстоянию механизма, с центральным углом 60° , который образует геометрическую фигуру с центром на центральной геометрической оси механизма, четвертый и пятый трехпарные
25 шатуны шарнирно соединены в правильный шестиугольник, радиус описанной окружности которого равен межосевому расстоянию механизма, с центром на центральной геометрической оси механизма, водило выполнено в форме стержня, длина которого равна двум межосевым расстояниям механизма.

Уравновешенный шестисателлитный планетарный механизм поясняется следующими
30 фигурами:

фиг. 1 - общий вид устройства;

фиг. 2 - 3D-модель устройства;

1 - центральное ведущее зубчатое колесо;

2 - опора;

35 3 - неподвижное центральное колесо с внутренним зацеплением;

4 - первый сателлит;

5 - второй сателлит;

6 - третий сателлит;

7 - четвертый сателлит;

40 8 - пятый сателлит;

9 - шестой сателлит;

10 - водило;

11 - первый трехпарный шатун;

12 - второй трехпарный шатун;

45 13 - третий трехпарный шатун;

14 - четвертый трехпарный шатун;

15 - пятый трехпарный шатун.

Шестисателлитный планетарный механизм состоит из центрального ведущего

зубчатого колеса 1 (фиг. 1, 2), соединенного в шарнир с опорой 2, неподвижного центрального колеса с внутренним зацеплением 3. Первый сателлит 4, второй сателлит 5, третий сателлит 6, четвертый сателлит 7, пятый сателлит 8, шестой сателлит 9 установлены под равными углами относительно центральной геометрической оси механизма и входят в зубчатые зацепления с центральным ведущим зубчатым колесом 1 и неподвижным центральным колесом с внутренним зацеплением 3. Водило 10 соединено в шарнир с опорой 2. Первый сателлит 4, второй сателлит 5, третий сателлит 6, четвертый сателлит 7, пятый сателлит 8 и шестой сателлит 9 попарно соединены между собой двумя шарнирами первого трехпарного шатуна 11, второго трехпарного шатуна 12 и третьего трехпарного шатуна 13. Первый трехпарный шатун 11, второй трехпарный шатун 12, третий трехпарный шатун 13 выполнены по дугам окружности радиусом, равным межосевому расстоянию механизма, с центральным углом 60° , образующим геометрическую фигуру с центром на центральной геометрической оси механизма. Первый трехпарный шатун 11, второй трехпарный шатун 12 и третий трехпарный шатун 13 третьими шарнирами соединены с четвертым трехпарным шатуном 14 и пятым трехпарным шатуном 15, шарнирно соединенными в правильный шестиугольник, радиус описанной окружности которого равен межосевому расстоянию механизма, с центром на центральной геометрической оси механизма. Пятый трехпарный шатун 15 третьим шарниром соединен с водилом 10, выполненным в форме стрежня, длина которого равна двум межосевым расстояниям механизма.

Устройство работает следующим образом. При задании вращательного движения центральному ведущему зубчатому колесу 1 относительно опоры 2, движение от него передается через зубчатые зацепления на первый сателлит 4, второй сателлит 5, третий сателлит 6, четвертый сателлит 7, пятый сателлит 8 и шестой сателлит 9. При этом первый сателлит 4, второй сателлит 5, третий сателлит 6, четвертый сателлит 7, пятый сателлит 8 и шестой сателлит 9, вращаясь относительно собственных осей и центральной геометрической оси механизма, через первый трехпарный шатун 11, второй трехпарный шатун 12 и третий трехпарный шатун 13 передают вращательное движение на четвертый трехпарный шатун 14 и пятый трехпарный шатун 15, который приводит во вращательное движение относительно опоры 2 водило 10.

Уравновешивание сил инерций от первого сателлита 4, второго сателлита 5, третьего сателлита 6, четвертого сателлита 7, пятого сателлита 8 и шестого сателлита 9 достигается путем их установки под равными углами относительно центральной геометрической оси механизма. Уравновешивание сил инерции от первого трехпарного шатуна 11, второго трехпарного шатуна 12 и третьего трехпарного шатуна 13 достигается путем их выполнения по дугам окружности радиусом, равным межосевому расстоянию механизма, с центральным углом 60° градусов, образующим геометрическую фигуру с центром на центральной геометрической оси механизма. Уравновешивание сил инерции от четвертого трехпарного шатуна 14 и пятого трехпарного шатуна 15 достигается путем их шарнирного соединения в правильный шестиугольник, радиус описанной окружности которого равен межосевому расстоянию механизма, с центром на центральной геометрической оси механизма. Уравновешивание сил инерций от водила 10 достигается путем его выполнения в форме стержня, длина которого равна двум межосевым расстояниям механизма.

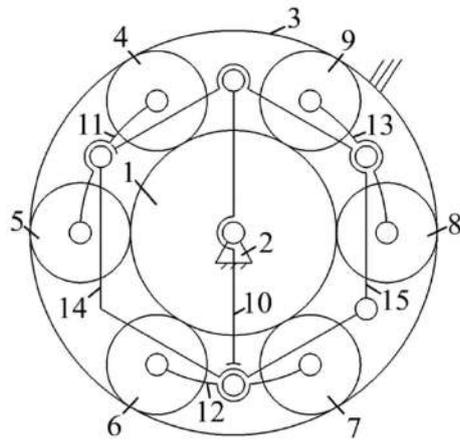
В предлагаемом механизме число подвижных звеньев $n=13$: центральное ведущее зубчатое колесо 1, первый сателлит 4, второй сателлит 5, третий сателлит 6, четвертый сателлит 7, пятый сателлит 8, шестой сателлит 9, водило 10, первый трехпарный шатун 11, второй трехпарный шатун 12, третий трехпарный шатун 13, четвертый трехпарный

шатун 14, пятый трехпарный шатун 15. Число шарниров $p_5=13$ - это соединения с опорой 2 центрального ведущего зубчатого колеса 1 и водила 10, соединение первого сателлита 4 и второго сателлита 5 с первым трехпарным шатуном 11, соединение третьего сателлита 6 и четвертого сателлита 7 со вторым трехпарным шатуном 12, соединение пятого сателлита 8 и шестого сателлита 9 с третьим трехпарным шатуном 13, соединение первого трехпарного шатуна 11 и второго трехпарного шатуна 12 с четвертым трехпарным шатуном 14, соединение третьего трехпарного шатуна 13 с пятым трехпарным шатуном 15, соединение четвертого трехпарного шатуна 14 с пятым трехпарным шатуном 15, соединение через шарнир пятого трехпарного шатуна 15 с водилом 10. Число кинематических пар $p_4=12$: по паре контактов первого сателлита 4, второго сателлита 5, третьего сателлита 6, четвертого сателлита 7, пятого сателлита 8, шестого сателлита 9 с центральным ведущим зубчатым колесом 1 и неподвижным центральным колесом с внутренним зацеплением 3. Подвижность такого планетарного механизма определяется формулой $W=3n-2p_5-p_4=39-26-12=1$, что доказывает его работоспособность и самоустанавливаемость.

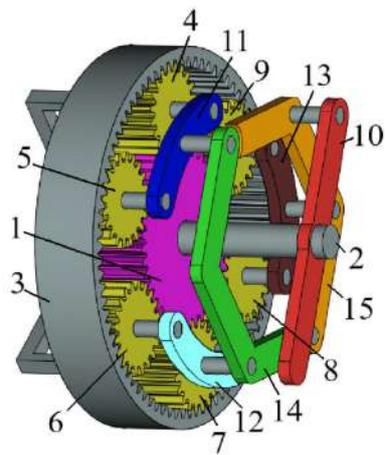
Все шесть сателлитов передают вращательное движение и силы от центрального ведущего зубчатого колеса на водило одинаковым образом, обеспечивая равномерное распределение нагрузки по сателлитам, уменьшая тем самым их износ, что в совокупности обеспечивает увеличение срока службы шестисателлитного планетарного механизма.

(57) Формула полезной модели

Уравновешенный шестисателлитный планетарный механизм, состоящий из центрального ведущего зубчатого колеса, неподвижного центрального колеса с внутренним зацеплением, шести сателлитов и водила, в котором сателлиты попарно соединены между собой двумя шарнирами первого, второго и третьего трехпарных шатунов, третьи шарниры которых соединены с четвертым и пятым трехпарными шатунами, шарнирно соединенными между собой, при этом третий шарнир пятого трехпарного шатуна соединен с водилом, отличающийся тем, что первый, второй и третий трехпарные шатуны выполнены по дугам окружности радиусом, равным межосевому расстоянию механизма, с центральным углом 60° , который образует геометрическую фигуру с центром на центральной геометрической оси механизма, четвертый и пятый трехпарные шатуны шарнирно соединены в правильный шестиугольник, радиус описанной окружности которого равен межосевому расстоянию механизма, с центром на центральной геометрической оси механизма, водило выполнено в форме стержня, длина которого равна двум межосевым расстояниям механизма.



Фиг. 1



Фиг. 2