

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 27

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
16 – 17 мая 2023 г.*

ЧАСТЬ IV

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2023**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
канд. техн. наук, доцент О.В. Князькина,
канд. техн. наук, доцент И.С. Баклушина,
канд. техн. наук, доцент Е.А. Алешина,
канд. техн. наук, доцент Е.Н. Темлянцева,
канд. техн. наук С.В. Риб,
канд. техн. наук, доцент В.В. Чаплыгин,
канд. техн. наук, доцент И.Ю. Кольчурина

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 16–17 мая 2023 г. Выпуск 27. Часть IV. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2023. – 477 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Четвертая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области теории механизмов, машиностроения и транспорта, актуальных проблем строительства, металлургических процессов, технологий, экологии, технологии разработки месторождений полезных ископаемых, информационных технологий, применения технологий бережливого производства в организациях, стандартизации и сертификации, управления качеством и документооборота.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

5. Time.traveling. Фуникулёр Будапешта: чем он интересен и как до него добраться [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – <https://timetraveling.ru/vse-o-budapeshte/transport/309-funikuler-budapeshta>, свободный (дата обращения: 25.09.2023).

6. My-kiev.com. Киевский фуникулёр [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – <https://my-kiev.com/catalog/kievskij-funikuler.html>, свободный (дата обращения: 25.09.2023).

7. Enjourney.Beta. Хорватия. Загребский фуникулёр [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – https://enjourney.ru/strany/croatia/regioni/zagreb/mesto/zagrebskiy_funikuler, свободный (дата обращения: 25.09.2023).

8. Отдых в Грузии. Онлайн-путеводитель. транспорт в Тбилиси: фуникулёр, маршрутки, канатная дорога [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа – <https://otdyhvgruzii.ru/transport-v-tbilisi-funikuler-marshrutki-kanatnaya-doroga/>, свободный (дата обращения: 25.09.2023).

УДК 621.01/03

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ПО САТЕЛЛИТАМ В МНОГОСАТЕЛЛИТНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Серебряков И.А., Гудимова Л.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: serebryackow.ig@yandex.ru*

В статье рассмотрена проблема равномерного распределения нагрузок по спутникам в планетарных механизмах, а также проанализировано два варианта исполнения конструкции планетарного механизма.

Ключевые слова: многоспутниковый планетарный механизм, водило-балансир, спутник, проблемы распределения мощности.

Планетарные механизмы в наше время применяются абсолютно в любых машинах и агрегатах. Его функция изменять крутящий момент от ведущего звена к ведомому. Однако, как и во многих конструкциях, у планетарного механизма с многоспутниковой передачей есть один недостаток. Целью настоящей работы является сравнительный анализ структуры стандартного планетарного механизма и новой структуры планетарного механизма с уникальным водило в системе САД.

Еще профессором Кудрявцевым доказано, что нагрузка, передаваемая от ведущего звена к ведомому до 80% передается через один спутник. Т.е. в работе механизма участвуют все спутники, но в зацеплении, в случайный момент времени, находится один из спутников [1].

Исходя из этого при проектировании и конструировании многоспутниковых планетарных передач, зубчатые колеса принято проектировать с дополнительным запасом прочности.

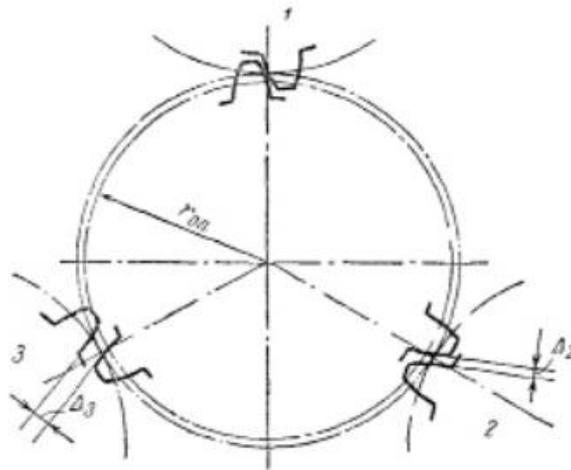


Рисунок 1 – Схематичное изображение контакта зацепления трехсателлитной планетарной передачи

Тот фактор, что нагрузка передается по одному из сателлитов, объясним расчетом подвижности по формуле Чебышева П.Л. Рассматривая стандартную конструкцию трехсателлитного планетарного механизма можно сделать вывод, что в его составе находится 5 шарнирных пар (пары пятого класса P_5), 6 пар зацепления зубчатых колес (пары четвертого класса P_4), и 5 элементов подвижных звеньев (n). Применяя формулу Чебышева $W=3n-2p_5-p_4$, получаем подвижность равную -1. Данный фактор означает, что механизм не может быть работоспособен. Механизм считается статически определенным и работоспособен, когда степень его подвижности равна 1. Такой механизм не требует дополнительного запаса прочности, и может беспрепятственно выполнять свою функцию.

Решением данной проблемы занималась научная школа Л.Т. Дворникова. Был запатентован механизм самоустанавливающегося планетарного редуктора, под авторством Дворникова Л.Т. и Герасимова С.П. [2]. По его принципу, но с уравновешенной конструкцией, был создан патент Хайдуковой Я.А. [3].

Патент Хайдуковой Я.А. был пересмотрен и доработан в части устранения недостатков, на основании чего был создан патент на полезную модель самоустанавливающегося трехсателлитного планетарного механизма под авторством Гудимовой Л.Н. и Серебрякова И.А. Инновационность данной конструкции заключается в том, что ее конструкция состоит не из кинематических связей, а из спроектированных элементов и рассчитанного рычага служащим балансиром в конструкции водило [4].

Все эти работы объединяет одно: у них имеется дополнительная степень свободы в конструкции водило, за счет этого подвижность конструкций равна $W=1$, что говорит о их работоспособности.

Для проведения анализа конструкций двух водил, в системе CAD T-Flex были составлены планетарные механизмы со стандартным водило и с новым усовершенствованным водило.

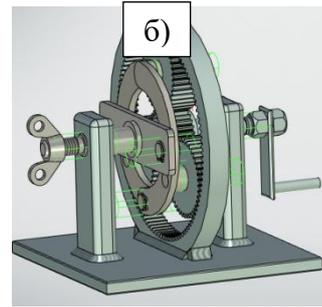
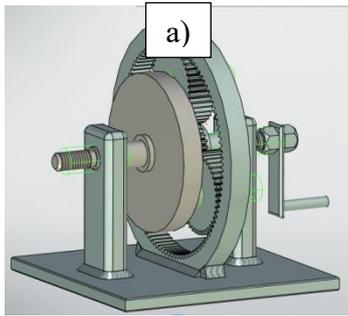


Рисунок 2 – 3D модель планетарного механизма в система CAD, (а) – со стандартным водило, (б) с уникальным водило

В системе T-Flex на рассмотренные механизмы с стандартным и уникальным водило была передана скорость вращения 500 об/мин.

На опоры сателлитов установлены датчики которые считывают нагрузку, приходящуюся на сателлиты. Механизм был запущен в работу на 35 секунд, за данный промежуток времени ведущий вал совершил более 280 оборотов вокруг оси в этот же момент времени ведомый вал совершил более 180 оборотов.

Данные по распределению сил реакций в опорах сведены в рисунок 3.

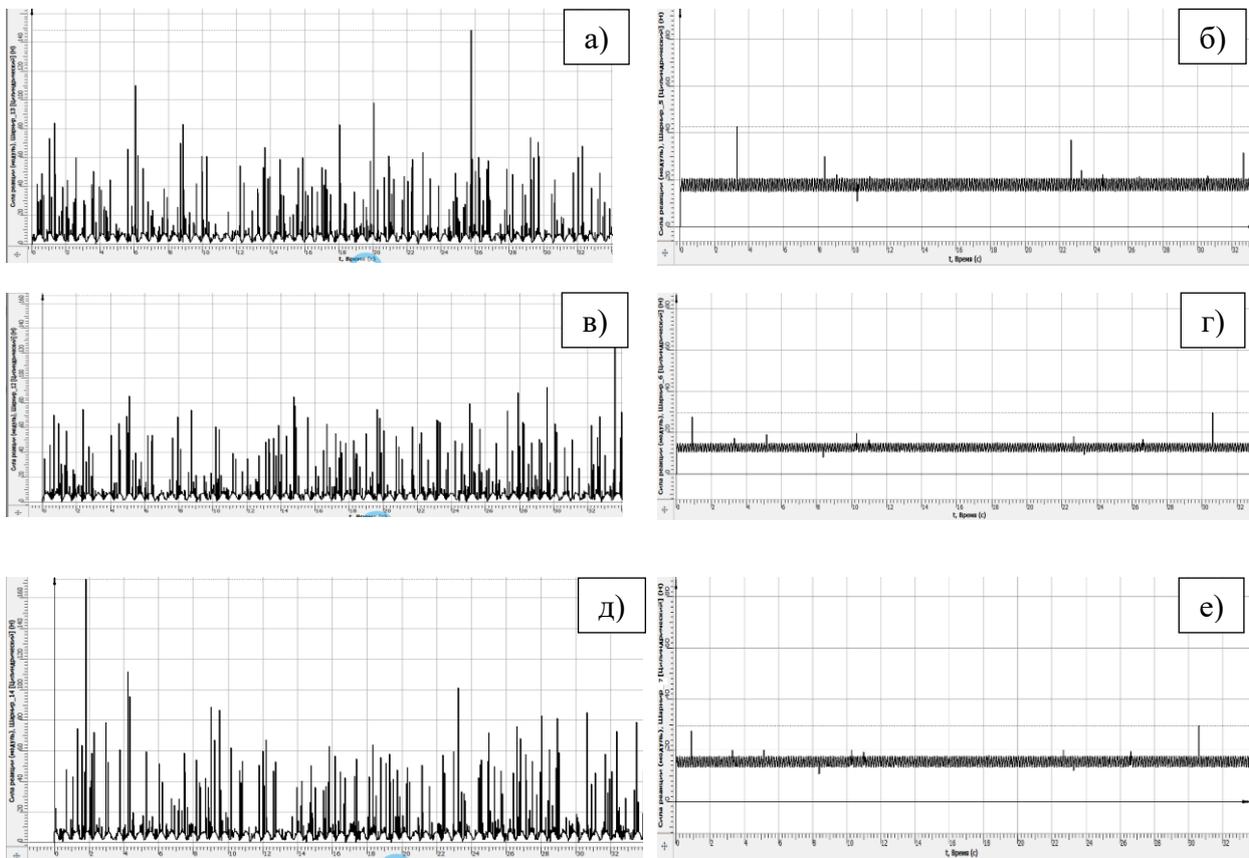


Рисунок 3 – Анализ сил реакций в опорах сателлитов при работе планетарного механизма (а, в, д) с стандартным водило и (б, г, е) с уникальным водило

Сняв нагрузку с сателлитов, и внимательно изучив графики сил реакций в опорах сателлитов, полученные при исследовании планетарного механизма со стандартным водило, (рисунки 3 а, в, д), можно сделать выводы что:

- все три графика имеют хаотичный характер, что говорит о дисбалансе, а также заклинивании механизма;

- значения на всех трех графиках снижаются до нулевого значения, что говорит о исключении каждого сателлита в определенный момент времени из передачи сил.

Исходя из этих графиков следует общий вывод о том, что планетарный механизм со стандартным водило не работоспособен, и из-за возникновения неравномерной нагрузки его конструируют с дополнительным запасом прочности, и его работа осуществляется принудительно. Таким образом, на практике, в 3D модели, подтверждается теоретическое обоснование неработоспособности планетарного механизма.

Анализируя идентичным способом планетарный механизм с уникальным водило, в составе которого имеется рычаг-балансир (рисунки 3 б, г, е), можно наблюдать графики равномерного распределения нагрузки по каждому сателлиту, что свидетельствует об отсутствии дисбаланса в работе, а также ни один график не опускается до нулевых значений и держится в одном диапазоне.

Исходя из полученных графиков, можно сделать вывод о том, что, применяя новую конструкцию водило для планетарного механизма, сила реакций в опорах сателлитов, а значит и передаваемая нагрузка, распределяется равномерно по всем имеющимся сателлитам, установленным в конструкции. И теоретические данные подтверждены в системе САД моделирования

Для детального изучения контакта зацепления зубчатых колес при работе планетарного механизма с новой конструкцией водило был проведен анализ зацепления каждого сателлита. При совершении оборота планетарного механизма, вся конструкция была зафиксирована в неподвижном состоянии. После чего было выполнено 1000х кратное увеличение зубьев колес, соприкасающихся друг с другом. Увеличение зубьев колес показало, что все три сателлита имели плотное пятно контакта как с эпициклом, так и с солнечной шестерней (рисунок 4).



Рисунок 3 – Анализ контакта зацепления зубчатых колес при работе планетарного механизма с уникальным водило

Вывод

На основании анализа полученных данных сформированы следующие выводы:

- В системе САД модель стандартной конструкции планетарного механизма отображает, за счет распределения нагрузки сил реакций в опорах сателлитов, что в работе участвует один из сателлитов, так как силы реакции в опорах опускаются до нуля;

- Анализ сил реакций в опорах сателлитов уникального водила планетарного механизма показывает, что нагрузки на опорах сателлитов не опускаются до нулевого значения, следовательно, в данной конструкции в работе задействованы все сателлиты рассматриваемого механизма;

- Рассматриваемая конструкция планетарного механизма в своем составе имеет рычаг, служащий балансиром, из анализа сил реакций в опорах, наблюдается стабильная работа всех сателлитов в одном диапазоне нагрузок, что говорит о положительном эффекте данного элемента.

Библиографический список

1. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи: справочник / В.Н. Кудрявцев, Ю. Н. Кирдяшев., – Л.: «Машиностроение» (Ленингр.отд-ние), 1977. – 536 с.

2. Патент № 2541049 С1 Российская Федерация, МПК F16Н 1/48. Самоустанавливающийся трехсателлитный планетарный редуктор : № 2013154381/11 : заявл. 06.12.2013 : опубл. 10.02.2015 / Л. Т. Дворников, С. П. Герасимов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирский государственный индустриальный университет".

3. Пат. 186099 РФ, МПК F16Н 1/36. Уравновешенный трёхсателлитный планетарный механизм / Хайдукова Я.А.; заявитель и патентообладатель Новокузнецк. СибГИУ. – № 2017110534; заявл. 29.03.2017; опубл. 29.12.2018, Бюл. №32.

4. Патент на полезную модель № 212257 U1 Российская Федерация, МПК F16Н 1/36. Самоустанавливающийся трехсателлитный планетарный механизм : № 2022111782 : заявл. 27.04.2022 : опубл. 13.07.2022 / Л. Н. Гудимова, И. А. Серебряков, Л. Т. Дворников ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный индустриальный университет", ФГБОУ ВО "СибГИУ".

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК <i>Бакулева М.А., Карнов И.Ф., Зварыч Е.Б.</i>	57
ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА В РОССИИ <i>Шишкина Е.А., Николаева Л.Ю.</i>	60
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СПОРТИВНОГО ЦЕНТРА В ПРАКТИКЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ <i>Шельгорн Д.Е., Ершова Д.В.</i>	65
БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ <i>Марухин Д.А., Борщинский М.Ю., Корнеев П.А., Корнеев В.А., Кулебакин И.И.</i>	70
МАКЕТ КАТЕРА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ <i>Ефименко В.А., Аксенов Д.А., Иванов М.С., Борщинский М.Ю., Корнеев П.А.</i>	73
РОБОТ НА ARDUINO <i>Мухутдинов А.А., Харитонов А.О., Рыбалко С.И., Васильев Д.В., Корнеев П.А.</i>	75
МАКЕТ ФУНИКУЛЁРА <i>Степочкин Я.А., Заковрягин В.А., Милушенко А.С., Корнеев П.А., Корнеев В.А.</i>	78
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ПО САТЕЛЛИТАМ В МНОГОСАТЕЛЛИТНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧАХ <i>Серебряков И.А., Гудимова Л.Н.</i>	80
КОНСТРУКЦИИ СИЛОВЫХ ФЕРМ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <i>Галиев А.Р., Есина П.А., Шастовский П.С.</i>	85
К ПРОБЛЕМЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЛОМКИ ОБОРУДОВАНИЯ ПОВОРОТНОГО МИКСЕРА И ИХ УСТРАНЕНИЕ <i>Сак А.В., Попугаев М.Г.</i>	88
К ПРОБЛЕМЕ АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИИ БОКОВОЙ РАМЫ ВАГОНА <i>Стацюк Е.В., Попугаев М.Г.</i>	91
К ПРОБЛЕМЕ УСТРАНЕНИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ СВЯЗЕЙ В РЫЧАЖНОМ МЕХАНИЗМЕ КАНТОВАТЕЛЯ <i>Катан В.И., Баклушина И.С., Гудимова Л.Н.</i>	94
СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Леммермайер Д. А., Папай В.А., Гудимова Л.Н.</i>	100
МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО СОЗДАНИЯ ДИАДНЫХ СТРУКТУР МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО КИНЕМАТИЧЕСКОГО И СИЛОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ <i>Каекбердин Д.Р., Манжос И.Н., Гудимова Л.Н.</i>	107