

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента  
на диссертацию Лустенковой Екатерины Сергеевны  
«Расчет и проектирование сферических роликовых передач для  
малогабаритных приводов» на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.02.02 – машиноведение, системы  
приводов и детали машин

### **1 Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите**

Объектом исследования в диссертационной работе являются передаточные механизмы, которые могут применяться в приводах различного назначения, независимо от отраслевой принадлежности, что предполагает формула специальности 05.02.02. Исследования, проведенные в диссертационной работе, соответствуют п. 2 раздела III области исследований «Теория, методы расчета и проектирования, в том числе автоматизированные, базирующиеся на более совершенных моделях функционирования и прогнозирования технического состояния объектов машиностроения» и п. 4 раздела III области исследований «Теория, методы и средства исследований, диагностики, мониторинга, прогнозирования и обеспечения, в том числе на основе компьютерного моделирования и испытаний, состояний, нагруженности и надежности объектов машиностроения по критериям безопасности, прочности и утраты работоспособности на всех стадиях их создания и применения» приведенными в паспорте специальности 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин.

Таким образом, диссертация соответствует специальности 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин и отрасли – «Технические науки».

### **2 Актуальность темы диссертации**

Электромеханические приводы повсеместно используются в промышленности, изготавливаемые как на предприятиях Республики Беларусь, так и за рубежом. Современное машиностроение характеризуется ростом скоростей и нагрузок на детали машин при необходимости снижения материалоемкости. Малогабаритные механические передачи с большими передаточными отношениями применяются в различных отраслях промышленности, в т. ч. таких, как авиационная и космическая техника, приводах роботов, манипуляторов, позиционирования и запорной арматуры. Кроме этого они широко используются в приводах электроинструмента и грузоподъемных механизмов.

Исследуемые сферические роликовые передачи позволяют реализовать

востребованный диапазон передаточных отношений (16...200). Их использование предполагает снижение затрат на дорогостоящие материалы по сравнению с червячными передачами, повышение уравновешенности и нагрузочной способности по сравнению с планетарными зубчатыми передачами.

В Республике Беларусь практически отсутствует собственное производство редукторной техники, как унифицированных элементов для малогабаритных приводов. Эта продукция закупается за рубежом, поэтому разработка методов расчета и проектирования сферических роликовых передач будет способствовать созданию собственного производства, что также актуально в условиях внешнего санкционного давления.

Разработка новой редукторной техники, по своим характеристикам не уступающей аналогам, направлена на импортозамещение.

Диссертационная работа, направленная на разработку новой редукторной техники, по своим характеристикам не уступающей существующим аналогам, направленная на импортозамещение, является актуальной.

### **3 Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, вынесенных на защиту**

Научная новизна результатов диссертации и научных положений, выносимых на защиту, включает:

- разработанную классификационную схему сферических передаточных механизмов с промежуточными телами качения, включающую новые классификационные признаки, позволяющие выбрать наиболее рациональные группы передач для обеспечения требуемого значения передаточного отношения и передаваемого момента при заданных габаритах;

- новую конструктивную схему механической передачи, аналогом которой выступает планетарная зубчатая передача с двухвенцовым сателлитом с двумя внутренними зацеплениями, в которой зубчатые венцы сателлита заменены двумя рядами роликов, установленных коаксиально, а центральные зубчатые колеса заменены втулками с периодическими беговыми дорожками, при этом сателлит совершает не плоскопараллельное, а сферическое движение, что позволило снизить габариты и массу передачи и повысить уравновешенность механизма;

- параметрические уравнения центровых профилей беговых дорожек, устанавливающие зависимость координат профиля от чисел периодов беговой дорожки, радиуса сферической поверхности и угла наклона кривошипа ведущего вала, которые позволили рассчитать траектории центров масс роликов и получить уравнения их координат, провести дальнейших кинематический и силовой анализы передачи, создать управляющие программы для станков с ЧПУ для изготовления беговых дорожек;

- полученные зависимости для определения среднего КПД сил, действующих в зацеплении в зависимости от передаваемой нагрузки,

геометрии передачи и коэффициентов трения;

- полученные зависимости для определения рациональных геометрических параметров сферической роликовой передачи, обеспечивающие максимальный передаваемый момент и КПД при заданных радиальных габаритах редуктора.

Новыми являются результаты экспериментальных исследований по определению КПД, уровня шума и тепловой нагруженности экспериментальных образцов редукторов.

Новизна технических решений подтверждена 2 патентами на изобретения Республики Беларусь.

#### **4 Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечивается корректностью постановки и формализации задач исследований, обоснованностью используемых теоретических зависимостей, принятых допущений и ограничений, применением апробированных методов решения и анализа, подтверждением качественного и количественного соответствия результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Полученные результаты основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин: классической механики, теории механизмов и машин, математики и математической статистики.

Методические разработки диссертации опираются на современные достижения в области информационных технологий. Соискатель владеет набором современных аналитических методов, в числе которых методы математического анализа и моделирования, метод конечных элементов, алгоритмы компьютерного моделирования.

Таким образом, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются достоверными и обоснованными.

#### **5 Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию**

Научная значимость диссертации состоит: в развитии теории сферических передаточных механизмов и их классификации; теоретическом и экспериментальном обосновании конструктивной схемы и параметров сферических роликовых передач, обеспечивающих диапазон передаточных отношений 16...200 с диаметром корпуса до 200 мм; получении зависимости сил, действующих в передаче и КПД от основных геометрических параметров и коэффициентов трения на основе аналогии с теорией винтовой пары; системном подходе при разработке методик прочностных расчетов элементов, позволяющих рассчитывать и проектировать редукторы высокого технического уровня.

Практическая значимость заключается в создании инженерной методики



расчета и проектирования сферических роликовых передач, позволяющей разрабатывать малогабаритные редукторные узлы, в возможном использовании результатов исследований (опытных образцов редукторов, комплектов конструкторской документации, программных продуктов) в реальном секторе экономики. Результаты исследований прошли апробацию на ООО «ФлагманБус» и СООО «Дозатор-плюс».

Экономическая значимость заключается в получении экономического эффекта 200,0 BYN на единицу продукции (по состоянию цен на август 2021 г.) за счет снижения материалоемкости, энергопотребления, себестоимости изготовления заменяемых элементов приводов.

Социальная значимость заключается в получении новых знаний, позволяющих повысить уровень подготовки специалистов технического профиля. Методики расчета и проектирования сферических роликовых передач с двухрядным сателлитом внедрены в учебный процесс Белорусско-Российского университета.

## **6. Опубликование результатов диссертации в научной печати**

Результаты диссертационной работы опубликованы в 35 научных работах, в том числе 1 монографии в соавторстве, 19 статьях в изданиях из Перечня научных изданий ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований и в иностранных научных изданиях, 13 материалах докладов на международных научно-технических конференциях.

Получены 2 патента на изобретения Республики Беларусь.

На этом основании следует считать требования ВАК Беларуси к соискателям ученой степени доктора технических наук в части опубликованности результатов диссертации (п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь) выполненными.

## **7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК**

Оформление диссертации соответствует требованиям Инструкции по оформлению диссертации и автореферата (утв. Постановлением Президиума ВАК Беларуси № 3 от 28.02.2014).

Диссертация содержит 234 страницы, в т. ч. 155 страниц основного текста (88 рисунков, 9 таблиц) и 79 страниц с приложениями.

Работа написана логически последовательно и аргументированно, грамотно и оформлена. По каждой главе и работе в целом сделаны четкие выводы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

## **8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует**

Анализ представленной диссертационной работы, уровня научной новизны, значимости и степени практического использования ее результатов свидетельствует о том, что научная квалификация соискателя Лустенковой Е.С. соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин.

### **Замечания**

1. В модели силового контакта роликов с основными элементами передачи при оценке среднего КПД не учтены потери на трение, возникающее между цилиндрическими поверхностями роликов и отверстий в сателлите.

2. Судя по разработанной методике, коэффициенты трения качения и скольжения зависят от значений действующих сил и для контакта элементов промежуточных тел с различными деталями передачи (внутренним кулачком, наружным кулачком) должны иметь различные значения. Данное обстоятельство следовало учесть в предложенной методике расчета и проектирования передач.

3. Не обоснован выбор приведенного коэффициента трения  $f = 0,02$  в методике расчета и проектирования.

4. Было бы целесообразно подтвердить надежность разработанных редукторных механизмов результатами ресурсных испытаний.

### **Заключение**

Указанные замечания, при этом, не снижают научной и практической значимости результатов диссертации.

Диссертационная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, а ее автор Лустенкова Е.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин **за новые научные результаты в области создания механических передач, включающие:**

– конструктивную схему СРП, отличающуюся применением сателлита с двумя коаксиально расположенными рядами роликов, имеющих торцы сферической формы, контактирующие с остановленной и ведомой беговыми дорожками, позволяющую при проектировании передач реализовывать передаточные отношения в диапазоне 16...200;

– теоретическое обоснование геометрических параметров СРП по критерию максимальных КПД и нагрузочной способности, подтвержденное средствами компьютерного моделирования;

– теоретические зависимости геометрических параметров основных деталей передачи от передаваемого момента, коэффициентов трения, обеспечивающих контактную прочность и максимальную нагрузочную способность передачи при заданных габаритах и передаточном отношении;

– результаты экспериментальных исследований, позволившие установить КПД СРП и шумовые характеристики в зависимости от кинематических параметров и действующих силовых факторов;

что в совокупности позволило разработать методику расчета и проектирования СРП и создать малогабаритные редукторные механизмы высокого технического уровня (для экспериментальных образцов отношение массы к передаваемому моменту составило 0,088...0,093 кг/(Н·м)).

Официальный оппонент,  
заведующий лабораторией механизации  
производства овощей и корнеклубнеплодов  
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации  
сельского хозяйства»,  
кандидат технических наук

В.В. Голдыбан

27.04.2023г.



Отзыв поступил в  
совет 28.04.23  
Уч. секретарь совета  
Ю. О. Р. Двойник

С отзывом ознакомлен  
28.04.23 Уч. секретарь / Е. С. Лухтевичев