

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.07

Соискатель: Подшибнев Владимир Александрович

Тема диссертации: Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения.

Специальность: 05.02.02. «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Решение диссертационного совета по результатам публичной защиты диссертации:

На заседании 13 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей значение для развития теории расчета и проектирования механических передач исполнительных механизмов приводных систем – уточнение методики проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения, присудить Подшибневу Владимиру Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Пенкин В.Т., *заместитель председателя диссертационного совета* Ковалев К.Л., *заместитель председателя диссертационного совета* Самсонович С.Л., *ученый секретарь диссертационного совета* Дежин Д.С., Бусурин В.И., Вольский С.И., Зечихин Б.С., Кириллов В.Ю., Кривилёв А.В., Машуков Е.В., Оболенский Ю.Г., Парафесь С.Г. Равикович Ю.А., Шевцов Д.А.

Учёный секретарь диссертационного совета
Д 212.125.07, к. т. н, доцент

Начальник отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 13 сентября 2022 № 20

О присуждении **Подшибневу Владимиру Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения» по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин» принята к защите 11 июля 2022 г (протокол № 16) диссертационным советом Д 212.125.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России), 125993, г.Москва, ГСП-3, А-80, Волоколамское шоссе, д.4., утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №105/НК от 11.04.2012.

Соискатель Подшибнев Владимир Александрович 03 ноября 1994 года рождения.

В 2018 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по специальности «Интегрированные системы летательных аппаратов», квалификация – инженер.

В 2018 г. поступил в аспирантуру федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) на кафедру 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин» и в 2022 г. успешно её закончил, своевременно сдав все необходимые экзамены.

С 2017 г. по настоящее время работает в акционерном обществе «Московский научно-производственный комплекс «Авионика» им О.В. Успенского» в должности главного специалиста. По совместительству с 2020 г. по настоящее время работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» в должности ассистента.

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы».

Научный руководитель – Самсонович Семен Львович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты

Сильченко Петр Никифорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»), г. Красноярск;

Кувшинов Владимир Михайлович, кандидат технических наук, заместитель начальника отделения федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е.

Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»), г. Жуковский;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – АО «Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики» (АО «ЦНИИАГ»), г. Москва в своем положительном заключении, рассмотренном и утвержденном на заседании секции №1 научно-технического совета АО «ЦНИИАГ», протокол №1110/6 от 10 августа 2022 г., подписанном начальником научно-технического отдела-1 АО «ЦНИИАГ», кандидатом технических наук Волковым С.В., начальником отдела АО «ЦНИИАГ» Николаевым В.Ф. и утвержденном генеральным директором АО «ЦНИИАГ», доктором технических наук, доцентом Шаповаловым А.Б., указала, что опубликованные автором по теме диссертации работы, полученные патенты РФ на изобретения и акты внедрения подтверждают актуальность, научную новизну и практическую значимость диссертационной работы Подшибнева В.А. Область исследований и полученные результаты соответствуют паспорту специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин». Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации. Диссертация Подшибнева Владимира Александровича «Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Соискатель имеет 17 (семнадцать) научных публикаций по теме диссертации, в том числе 3 (три) работы, опубликованные в изданиях, рекомендуемых Высшей Аттестационной Комиссией РФ для публикации результатов диссертационных исследований. Все работы опубликованы в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при его непосредственном участии. Материалы диссертации отображены в трудах 10 (десяти) всероссийских и международных научно-технических конференций. Автор является автором 4 (четырёх) патентов РФ на изобретения по теме диссертационной работы.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Абдулин Р. Р. Определение коэффициента неравномерности между рядами тел качений в волновой передаче с промежуточными телами качения

/ Р. Р. Абдулин, **В. А. Подшибнев**, С. Л. Самсонович // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2021. – № 5(349). – с. 58-67. – DOI 10.33979/2073-7408-2021-349-5-58-67.

2. Абдулин Р. Р. Обоснование принципа действия волновой передачи с промежуточными телами качения как следящей системы / Р. Р. Абдулин, **В. А. Подшибнев**, С. Л. Самсонович // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2020. – № 1(339). – с. 94-102. – DOI 10.33979/2073-7408-2020-339-1-94-102.

3. Абдулин Р. Р. Исследование крутильной жесткости волновой передачи с промежуточными телами качения / Р. Р. Абдулин, **В. А. Подшибнев**, С. Л. Самсонович // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2020. – № 3(341). – с. 95-104. – DOI 10.33979/2073-7408-2020-341-3-95-104

В работе [1] представлены теоретические зависимости, позволяющие определить коэффициент неравномерности распределения нагрузки между рядами тел качения в волновой передаче с телами качения (ВПТК). Приведены результаты ресурсных испытаний ВПТК и моделирования конечно-элементным методом, характеризующие неравномерность распределения нагрузки между рядами тел качения. Предложена уточненная зависимость расчета диаметра тел качения в ВПТК, позволяющая учесть неравномерность распределения нагрузки между рядами тел качения.

В работе [2] действие ВПТК представлено в виде действия следящей системы, у которой малая центральная ось симметрии линии, проходящей через центры тел качения, отслеживает положение суммарного вектора усилия, создаваемого волнообразователями, аналогично действию волновой передачи с гибким колесом. Показано, что величина угла рассогласования зависит от положения тел качения относительно малой центральной оси симметрии волнообразователя, что можно сравнить с изменением формы гибкого колеса в зубчатой волновой передаче. Величина суммарного вектора усилия определяется векторной суммой сил, передаваемых от волнообразователя через тела качения к жесткому колесу при остановленном сепараторе. Определена величина крутящего момента, развиваемого на жестком колесе.

В работе [3] получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать крутильную жесткость ВПТК в режиме мультипликатора и редуктора. Определен периодический характер изменения крутильной жесткости, обусловленный взаиморасположением элементов ВПТК, а

именно угловым положением волнообразователя относительно жесткого колеса. Приведены результаты экспериментальных исследований крутильной жёсткости ВПТК, которые подтверждают периодический характер её изменения.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных автором работах.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию ведущей организации – АО «Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики» (АО «ЦНИИАГ»).

Отзыв утвержден генеральным директором АО «ЦНИИАГ», доктором технических наук, доцентом Шаповаловым А.Б.

К отдельным замечаниям по диссертации отнесено следующее:

1. В работе рассматривается ВПТК только с дисковым волнообразователем, что не позволяет произвести анализ влияния типа волнообразователя на рассматриваемые в работе периодически меняющиеся параметры ВПТК.
2. В первой главе при решении задачи о распределении нагрузки между телами качения в одном ряду сделано допущение о том, что все тела качения одновременно контактируют с волнообразователем, сепаратором и жестким колесом, и не оговорено как этого достигать на практике.
3. В третьей главе при определении коэффициентов неравномерности распределения нагрузки между рядами тел качения не указано сделанное автором допущение о равной прочности всех элементов конструкции ВПТК.
4. На рисунке 2.11 введено обозначение $S_{\text{вых}}$, не расшифрованное в тексте работы.
5. В оглавлении в главе 3 указано «...волновой передачи с промежуточными телами качения», в тексте диссертации указано «...волновой передачи с телами качения».

При этом отмечено, что данные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Подшибнева В.А.

Область исследований и полученные результаты соответствуют паспорту специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Диссертация Подшибнева Владимира Александровича «Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Отзыв на диссертацию официального оппонента Сильченко Петра Никифоровича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Отзыв на диссертационную работу заверен начальником общего отдела ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Чиргалан Т.В.

В замечаниях по диссертационной работе указано:

1. В разделе 1.2. стр. 18 при решении задачи о распределении нагрузки между телами качения в одном ряду ВПТК не учитывались люфты и зазоры в механизме. Почему? Ведь это повлияет на коэффициенты неравномерности передачи усилия, представленные в таблице 1.1. стр. 24?
2. В разделе 3.1. коэффициенты неравномерности распределения нагрузки между рядами тел качения определены только для ВПТК, в которых все детали выполнены из одного материала (стали). При изготовлении деталей ВПТК из других сталей коэффициенты, представленные в таблице 3.1. стр. 69, будут другие. Почему этот вопрос в работе не рассматривался?
3. При исследовании параметрических колебаний в ВПТК не учитывается люфт в механической передаче. Почему?
4. Представленный во введении анализ технической литературы, посвященной разработке методик проектирования ВПТК считаю недостаточным.
5. В разработанной методике расчета ВПТК с требуемым виброускорением конструкции не учтены вопросы КПД и ресурса.
6. Обоснование принципа действия ВПТК, аналогично волновой зубчатой передачи в виде позиционной следящей системы не является научной новизной.
7. Автором указывается, что *«...при переходе из положения, показанного на рисунке 1.4.а, в положения показанное на рисунке 1.4.б, происходит мгновенный вход в зацепление тела качения № 7, а углы давления тел качения*

№2-6 уменьшаются, что приводит к изменению величины суммарного вектора усилия F_{Σ} , и угла рассогласования γ » Но это заключение имеет смысл при абсолютно точной геометрии всех деталей и бесконечной твёрдости контактирующих поверхностей этих деталей. Об этом в диссертации ничего не сказано.

8. Заключение автора, что «ВПТК обладают лучшими массогабаритными показателями по сравнению с планетарными передачами при одинаковом моменте нагрузки и передаточном числе» ничем не обосновано и бездоказательно, особенно если рассматривать и сравнивать все функционально-эксплуатационные параметры совместно с ресурсом.

9. В первой главе отсутствуют примеры синтеза конструктивно-кинематических схем исполнительных механизмов на основе ВПТК.

10. Принятое допущение о синусоидальном распределении нагрузки допустимо только для грубой оценки.

11. В диссертации нет ссылки, что формула 3.15 (стр.70) заимствована.

12. Анализируя рисунок 3.1 диссертации и графики зависимостей нагрузок (M) видно, что звенья деформируются и относительно координат по оси X и будут иметь углы закручивания, следовательно, возникает осевая сила. В работе нигде этот вопрос не затрагивается. Почему?

13. Автором на стр. 82 указывается, что «Этот вопрос хорошо исследован, причем окончательные результаты представляются в виде диаграммы, построенной в плоскости параметров a и b , которая называется диаграммой Айнса-Стретта [60]. Но указанного источника [60] в работе нет?

14. В диссертации нет определения термина «заданный уровень виброускорения».

15. Формула 3.21 не верна или автор забыл вставить параметр « e » (стр.75.)

16. Вывод автора «*На этом основании разработка методики расчета ВПТК с требуемым уровнем виброускорений является актуальной задачей, решение которой позволяет выбирать конструктивные параметры ВПТК, обеспечивающие повышенный ресурс ИМ*» не полный.

В заключении отмечено, что высказанные соображения и сформулированные замечания являются не особо принципиальными и субъективным мнением, не влияющим на положительную оценку представленной диссертационной работы.

Диссертация Подшибнева Владимира Александровича «Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное теоретическое и практическое значение и вносящей определённый вклад в развитие теории расчёта и проектирования передач для следящих приводов специального и общего назначения. Диссертация соответствует паспорту специальности: п. 2 «Теория и методы проектирования машин и механизмов, систем приводов, узлов и деталей машин» и требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 02.08.2016): пп. 9-14.

На основании вышеизложенного представленная диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор – Подшибнев Владимир Александрович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Кувшинова Владимира Михайловича, кандидата технических наук, заместителя начальника отделения ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»).

Отзыв на диссертационную работу заверен начальником управления персоналом ФАУ «ЦАГИ» Власовой О.А.

В замечаниях по диссертационной работе указано:

1. В работе не приведен сравнительный анализ величин радиальных и осевых сил, создаваемых в ВПТК, по сравнению с другими типами механических передач, которые могут быть использованы в составе исполнительного механизма привода.
2. В главе 2 представлены результаты линеаризации аналитических зависимостей, определяющих крутильную жесткость ВПТК, без учета неравномерности распределения нагрузки по рядам тел качения, рассмотренного в главе 3.
3. При математическом описании и моделировании параметрических колебаний, вызванных нестационарным характером крутильной жесткости, в исполнительном механизме на основе ВПТК автором не учитывался люфт в механической передаче.

4. В главе 4 (рисунок 4.6.) представлена блок-схема методики проектирования исполнительного механизма на основе ВПТК, в которой не раскрыт алгоритм расчета подшипников по грузоподъемности.
5. В работе присутствует ряд грамматических и пунктуационных ошибок.

В заключении отмечено, что, несмотря на отмеченные недостатки, в целом диссертация Подшибнева Владимира Александровича «Методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения с заданным уровнем виброускорения» является законченной научно-исследовательской работой, выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой комплекс научных исследований и решений актуальных проблем в области машиноведения, систем приводов и деталей машин. Предложенная автором методика проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения развивает теорию волновых передач и имеет большое практическое значение для развития машиностроения, в частности, авиастроения.

Работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук Положением о порядке присуждения учёных степеней, утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор, Подшибнев Владимир Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

На автореферат поступило 5 (пять) отзывов (все отзывы положительные)

1. Отзыв на автореферат диссертации АО «Аэроэлектромаш» (г. Москва), составленный главным специалистом отделения систем электроприводов, кандидатом технических наук, Трубачевым А.Т., заместителем генерального директора по инновационным разработкам Довгалёнком В.М., заверенный начальником отдела по работе с персоналом АО «Аэроэлектромаш» Ерохиным Н.И., содержит следующие замечания:

1. В работе не рассмотрено влияние развиваемого момента и крутильной жесткости на динамические характеристики привода в целом, что не позволяет дать рекомендации по уменьшению влияния этих пульсации за счет введения коррекции в систему управления приводом.
2. В представленной методике отсутствуют пункты, посвященные проектированию корпусных деталей исполнительных механизмов приводов

на основе ВПТК.

3. При ссылке на образец исполнительного механизма (рисунок 14) не указаны выходные данные ИМ ЭМП (скорость, перемещение и усилие), что позволило бы по абсолютным величинам сравнить и оценить параметры из таблицы рисунка

2. Отзыв на автореферат диссертации ФГУП «НТЦ «Орион» (г. Москва), составленный начальником отдела ФГУП «НТЦ «Орион», кандидатом технических наук Абрамовым С.В., заверенный заместителем директора ФГУП «НТЦ «Орион» Набиевым Н.А., содержит следующие замечания.

1. Не указаны условия проведения ресурсных испытаний ВПТК, детали которой представлены на рисунке 9.

2. В математической модели ВПТК, структурная схема которой приведена на рисунке 12, не учитывается люфт передачи.

3. Из текста автореферата не понятно, каким образом происходит расчет суммарного радиального усилия R_{Σ} .

3. Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (г. Тула), составленный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Системы автоматического управления» института высокоточных систем имени В.П. Грязева Горячевым О.В., заверенный ведущим специалистом по кадровой работе ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» Полтавец Л.В., содержит следующие замечания:

1. В качестве недостатка автореферата следует выделить отсутствие сравнения циклически меняющихся силовых параметров ВПТК с другими механическими передачами, которые также могут быть применены в составе исполнительных механизмов приводов.

4. Отзыв на автореферат диссертации Московского опытно-конструкторского бюро «Марс – филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» (г. Москва), составленный кандидатом технических наук, заместителем главного конструктора функционального программного обеспечения (ФПО) – заместителем начальника отделения по разработке функционального программного обеспечения бортового комплекса управления космическими аппаратами (ФПО БКУ КА), Косинским М.Ю., утвержденный доктором технических

наук, научным руководителем Московского опытно-конструкторского бюро «Марс – филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» Соколовым В.Н., содержит следующие замечания:

1. В тексте автореферата (стр.9) приводятся зависимости для определения контактных сил в ВПТК F_i , P_i и N_i , однако, из текста автореферата неясно какой был определен закон распределения нагрузки по телам качения в одном ряду, необходимый для получения искомых зависимостей.
2. В автореферате не приведены сведения об условиях проведения ресурсных испытаний ВПТК, фотографии деталей которой приведены на рисунке 9.
3. В автореферате не приведены результаты исследования влияния нестационарных параметров ВПТК на динамические характеристики привода в целом.
4. В методике проектирования ВПТК (Рис. 15) этап определения максимального виброускорения $a(\omega)$ не раскрыт в аналитических соотношениях автореферата.

5. Отзыв на автореферат диссертации АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А.Г. Шипунова» (г. Тула), составленный кандидатом технических наук, ведущим инженером-исследователем Машеровым П.Е. и кандидатом технических наук, начальником отдела АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А.Г. Шипунова» Фимушкиным В.С. и утвержденный кандидатом технических наук, заместителем управляющего директора – начальником конструкторского бюро АО «Конструкторское бюро приборостроения им. академика А.Г. Шипунова» Погорельским С.Л., содержит следующие замечания:

1. Не сформулированы объект и предмет исследования.
2. Не сформулирован личный вклад автора.
3. Из текста автореферата не понятно, чем вызвана меньшая амплитуда пульсации развиваемого крутящего момента в схемах с нечетным числом тел качения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой научной и практической компетентностью в области машиноведения, деталей машин и электромеханических приводных систем, неотъемлемой частью которых является исполнительный механизм, содержащий механическую передачу – объект диссертационного

исследования. Высокая научная и практическая компетентности официальных оппонентов и ведущей организации подтверждаются публикациями в научных изданиях. Оппоненты являются сотрудниками разных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем.

Выбор Сильченко П.Н., доктора технических наук, профессора, в качестве официального оппонента обуславливается его широкой известностью и профессиональной компетентностью в области машиностроения, электромеханических приводных систем космических аппаратов, проектирования механизмов и деталей, в том числе волновых механических передач, которые являются объектом диссертационного исследования. За последние 5 лет Сильченко П.Н. в рецензируемых отечественных и международных журналах опубликовано 6 работ по профилю диссертации.

Выбор Кувшинова В.М., кандидата технических наук, в качестве официального оппонента связан с тем, что он является известным специалистом по проблемам применения электромеханических приводных систем в составе систем управления летательными аппаратами. За последние 5 лет Кувшиновым В.М. в рецензируемых отечественных и международных журналах опубликовано 6 работ по профилю диссертации.

Выбор ведущей организации – АО «Центральный научно-исследовательский институт автоматики и гидравлики» (АО «ЦНИИАГ»), обусловлен ее достижениями в области разработки электромеханических приводов, в том числе и на основе волновых передач, и систем управления различными объектами, содержащих электромеханические приводы.

Специалисты ведущей организации осуществляют прикладные практические исследования в области разработки систем приводов и их узлов с минимизацией массогабаритных показателей и обеспечением требуемой жесткости, о чем свидетельствует ряд публикаций по теме диссертации.

В дискуссии приняли участие члены диссертационного совета: д-р техн. наук, доцент Сергей Гаврилович Парафесь; д-р техн. наук Александр Владимирович Кривилев; д-р техн. наук Юрий Геннадьевич Оболенский; д-р техн. наук, ст. научный сотрудник Константин Львович Ковалев.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **впервые предложен** и обоснован принцип действия ВПТК, аналогичный волновой зубчатой передаче в виде позиционной следящей системы, в которой малая ось симметрии условного гибкого колеса

отслеживает положения суммарного вектора усилия, создаваемого волнообразователем, что объясняет и обобщает физические особенности работы передачи;

- **получены** аналитические выражения для определения неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами многорядных ВПТК с различными кинематическими схемами, а в формулы прочностного расчета многорядных ВПТК, приведенные в кандидатской диссертации «Методика проектирования привода на основе волновой передачи с телами качения» Степанова В.С., введены коэффициенты, учитывающие неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами, что позволяет повысить точность определения геометрических размеров передачи;

- **выявлены** причины возникновения вибраций в механизмах на основе ВПТК и впервые предложены аналитические зависимости, позволяющие количественно выразить вибрационное воздействие ВПТК на конструкцию ИМ привода;

- **получены** и экспериментально подтверждены аналитические зависимости пульсации крутильной жесткости многорядной ВПТК от ее передаточного числа, отличающиеся от зависимостей, известных из кандидатской диссертации «Исследование жесткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического силового привода летательного аппарата» Крылова Н.В. и учебного пособия «Волновые и винтовые механизмы» Янгулова В.С., учетом периодически меняющейся составляющей крутильной жесткости, которая влияет на динамические характеристики приводных систем;

- **впервые разработана** методика проектирования ИМ привода на основе ВПТК с обеспечением требуемого уровня виброускорения, которая может быть использована при проектировании ИМ на основе других циклоидальных передач с целью определения вибрационного воздействия передач на конструкцию ИМ.

Новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые предложен и обоснован принцип действия ВПТК, аналогичный волновой зубчатой передаче в виде позиционной следящей системы, в которой малая ось симметрии условного гибкого колеса отслеживает положения суммарного вектора усилия, создаваемого волнообразователем, что объясняет и обобщает физические особенности работы передачи;

- получены аналитические выражения для определения неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами многорядных ВПТК с различными кинематическими схемами, а в формулы прочностного расчета многорядных ВПТК, приведенные в кандидатской диссертации «Методика проектирования привода на основе волновой передачи с телами качения» Степанова В.С., введены коэффициенты, учитывающие неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами, что позволяет повысить точность определения геометрических размеров передачи;
- предложены аналитические зависимости, позволяющие количественно выразить вибрационное воздействие ВПТК на конструкцию ИМ привода;
- получены аналитические зависимости пульсации крутильной жесткости многорядной ВПТК от ее передаточного числа, отличающиеся от зависимостей, известных из кандидатской диссертации «Исследование жесткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического силового привода летательного аппарата» Крылова Н.В. и учебного пособия «Волновые и винтовые механизмы» Янгулова В.С., учетом периодически меняющейся составляющей крутильной жесткости, которая влияет на динамические характеристики приводных систем.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики заключается в том, что:

- предложенный новый принцип действия ВПТК в виде позиционной следящей системы расширяет область знаний о ВПТК и позволяет увеличить область применения этих передач, а именно рекомендовать применение ВПТК с передаточным числом выше 20 в составе ИМ приводов с требуемой высокой плавностью хода;
- результаты исследования влияния неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами многорядных ВПТК позволяют повысить точность прочностного расчета ВПТК;
- результаты исследования пульсаций развиваемого момента и крутильной жесткости впервые позволили численно определить амплитуду и частоту изменения этих параметров, а также их влияние на динамические характеристики привода;
- разработанная методика расчета ВПТК позволяет выбирать кинематическую схему и конструктивные параметры передачи, обеспечивающие величину виброускорения, не превышающую заданную;
- результаты диссертационной работы защищены патентами РФ №2678385, №2740466, №2736658, №2747227, внедрены в учебный процесс

кафедры 702 «Системы приводов авиационно-космической техники» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы» МАИ и в разработки АО МНПК «Авионика им. О.В. Успенского».

Достоверность результатов подтверждается тем, что:

- корректно использованы основные законы механики, теории автоматического управления и современные апробированные программные продукты компьютерного моделирования;
- основные положения и результаты, полученные в диссертационной работе, подтверждены экспериментальными исследованиями.

Личный вклад автора состоит в:

- обосновании принципа действия волновой передачи ВПТК, аналогичный волновой зубчатой передаче в виде позиционной следящей системы, в которой малая ось симметрии условного гибкого колеса отслеживает положения суммарного вектора усилия, создаваемого волнообразователем, что объясняет и обобщает физические особенности работы передачи;
- получении аналитических выражений для определения неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами многорядных ВПТК с различными кинематическими схемами и в уточнении формул прочностного расчета многорядных ВПТК, известных из кандидатской диссертации «Методика проектирования привода на основе волновой передачи с телами качения» Степанова В.С. путем введения коэффициентов учитывающих неравномерности распределения нагрузки между телами качения в одном ряду и между рядами;
- предложении аналитических зависимостей, позволяющих количественно выразить вибрационное воздействие ВПТК на конструкцию ИМ привода;
- получении и экспериментальном подтверждении аналитических зависимостей пульсации крутильной жесткости многорядной ВПТК от ее передаточного числа, отличающиеся от зависимостей, известных из кандидатской диссертации «Исследование жесткости и прочности волновой передачи с телами качения электромеханического силового привода летательного аппарата» Крылова Н.В. и учебного пособия «Волновые и винтовые механизмы» Янгулова В.С., учетом периодически меняющейся составляющей крутильной жесткости, которая влияет на динамические характеристики приводных систем;

- разработке методики проектирования ИМ привода на основе ВПТК с обеспечением требуемого уровня виброускорения.

В ходе защиты диссертации **не было высказано критических замечаний**, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

Соискатель Подшибнев В.А. обстоятельно и аргументировано ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 13 сентября 2022 г. **диссертационный совет принял решение:** за решение актуальной научно-технической задачи, имеющей значение для развития теории расчета и проектирования механических передач исполнительных механизмов приводных систем – уточнение методики проектирования исполнительного механизма привода на основе волновой передачи с телами качения, присудить Подшибневу Владимиру Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин», участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 (ноль) человек, проголосовали: за - 14, против -0, недействительных бюллетеней – 0 (нет).

Председатель
диссертационного совета
Д 212.125.07
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Пенкин
Владимир
Тимофеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.125.07
кандидат технических наук,
доцент

Дежин
Дмитрий
Сергеевич

Начальник отдела УИЭС МАИ
Т.А. Аникин



13.09.2022 г.