

Министерство образования и науки Российской Федерации

Балтийский государственный технический университет  
«Военмех» им. Д.Ф. Устинова

Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского –  
РАКЦ (Санкт-Петербургское отделение)



## СТАРТ - 2017

Тезисы докладов III Общероссийской молодежной  
научно-технической конференции

Санкт-Петербург, Россия  
13 – 17 ноября 2017 года

Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», № 39

Санкт-Петербург  
2017

УДК 623.4 : 629.78  
С77

**С77**

**Старт-2017:** Тезисы докладов III Общероссийской молодежной науч.-техн. конф. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2017. – 72 с. (Библиотека журнала «Военмех. Вестник БГТУ», №39).

ISBN 978-5-906920-88-1

Материалы сборника охватывают вопросы ракетостроения и военной техники (проектирование, конструирование, технология производства), аэродинамики и динамики полета, информационных технологий, подготовки кадров для аэрокосмической отрасли.

Для инженерных и научных специалистов, работающих в указанных направлениях, а также для студентов старших курсов и аспирантов профильных вузов.

Отзывы направлять по адресу: Россия, 190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1. Редакция журнала «Военмех. Вестник БГТУ».

УДК 623.4 : 629.78

*Редакционный совет: д-р техн. наук, проф. В. А. Бородавкин,  
канд. техн. наук, доц. О. В. Арипова, ст. преп. К. А. Афанасьев,  
доц. М. Н. Охочинский, нач. ЦНТТС А. В. Побелянский,  
ст. преп. С. А. Чириков*

Ответственный редактор журнала «Военмех. Вестник БГТУ»  
М. Н. Охочинский

Все материалы опубликованы в авторской редакции

Подписано к печати 10.11.2017. Формат бумаги 60'84 1/16.  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 4,375. Тираж 100 экз. Заказ № 23.  
Балтийский государственный технический университет  
Участок оперативной полиграфии БГТУ  
С.-Петербург, 1-я Красноармейская ул., 1

ISBN 978-5-906920-88-1

© БГТУ, 2017  
© Авторы, 2017

# СТЕНДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

А.А. Киселев, Н.С. Слободзян, Д.С. Чабан

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и АО «ИСС» им. академика М.Ф. Решетнёва ведется совместная актуальная работа по созданию ряда многостепенных механизмов с параллельной кинематикой для обеспечения точного позиционирования и ориентации бортовых приборов и устройств космического назначения. Гексапод состоит из подвижной платформы и неподвижного основания, шарнирно соединенных шестью поступательными кинематическими парами (т.н. «ногами»). При изменении длины ног происходит пространственное перемещение верхней платформы. К линейным приводам, расположенным в ногах гексапода, предъявляются следующие требования: точность позиционирования не менее 1 мкм, развиваемое усилие не менее 500 Н, высокая жесткость конструкции ноги.

В процессе разработки и изготовления таких приводов требуется проведение многочисленных испытаний (лабораторные, конструкторско-доводочные и др.), для чего требуется создание специализированного стендового оборудования, которое могло бы в режиме реального времени отслеживать и фиксировать для дальнейшего анализа различные величины: напряжение, ток и мощность, потребляемые линейным приводом; усилие на его штоке; угловое перемещение вала исполнительного двигателя и линейное перемещение штока привода. При этом к штоку исследуемого привода необходимо прикладывать динамическую (помогающую и противодействующую) нагрузку, для чего необходимо специальное нагрузочное устройство (нагружающий привод).

В ходе выполнения работ разработано стендовое оборудование для силовых испытаний линейных приводов. В основе нагружающего устройства стенда используется линейный привод с винтовой передачей скольжения на базе шагового двигателя, работающего в вентильном режиме. Данный привод позволяет обеспечивать максимальную нагрузку (500 Н) при максимальной скорости перемещения (4 мм/с). Такое техническое решение обладает следующими преимуществами: при использовании электродвигателя отпадает необходимость в источниках гидро- или пневмопитания, а на базе шаговых двигателей на рынке доступно множество готовых линейных приводов. В качестве датчика усилия, развиваемого нагружающим устройством, используется резистивный датчик усилия.

Была составлена модель в виде структурной динамической схемы в пакете математического моделирования Matlab Simulink с использованием библиотек SimElectronics, SimMechanical и SimDriveline. Данная модель описывает электрическую, механическую вращательную и механическую поступательную части нагрузочного устройства. Так же в ней присутствуют 2 контура управления: один для организации вентильного режима шагового двигателя, второй – для поддержания заданного усилия на штоке исследуемого двигателя.

В ходе компьютерного моделирования был синтезирован ПИД-регулятор системы нагружения, который справляется с задачей управления нагрузочным устройством и обеспечивает необходимые показатели качества системы. На основании полученных в ходе моделирования результатов были подобраны контрольно-измерительные приборы, разработана исполнительная и управляющая системы стенда для испытания линейного электропривода ноги гексапода. Спроектирован блок управления стендом, включающий в себя модуль управления, позволяющий контролировать как линейный привод нагружения, так и испытываемый линейный привод, опрашивать датчики состояния исследуемого привода, передавать информацию на ЭВМ оператора; индикаторные дисплеи с отображением напряжения питания, тока потребления, усилия на штоке, сигналов датчиков углового и линейного положения, источник вторичного питания. На панели блока расположены соединители для подключения контрольно-измерительных приборов.

В блоке управления реализована общая сеть RS-485, по которой происходит обмен данными между всей контрольно-измерительной аппаратурой, модулем управления стендом и стендовой ЭВМ, на которой запущено специально разработанное программное обеспечение. Управление нагружающим приводом осуществляется с помощью ШИМ-сигналов микроконтроллера, входящего в состав модуля управления. Усиление сигнала происходит на усилительных транзисторных каскадах, построенных по мостовой схеме. По сигналам датчиков обратной связи система управления стендом поддерживает постоянное усилие вне зависимости от линейного положения штока испытываемого привода. Используемые датчики занесены в Государственный реестр средств измерений и имеют требуемую техническим заданием точность измерений.

## АВТОРЫ СБОРНИКА

Агадидова Е.В. 34	Жихарева П.В. 8	Сидорова Н.Я. 12
Акулов О.И. 60	Замасковцев С.А. 9	Сидорович Д.Д. 68
Александрова Е.А. 39	Ибраев М.Е. 25	Слободзян Н.С. 63, 64
Алексеева М.М. 35	Игнатъева А.В. 61	Смирнов А.Д. 24
Аникина В.Д. 18	Каминский Я.В. 22	Смоляков Р.А. 53
Арипова О.В. 40	Кирилин А.Ю. 28	Снижко Е.А. 47
Барсукова И.А. 19	Киселев А.А. 63	Степанова К.В. 13
Бойцова А.И. 41	Ковалев Р.Е. 44	Сухов Т.М. 41
Булатов О.Г. 26	Кораблева Е.Н. 66	Толстиков В.Д. 14
Вавилов И.С. 24	Королева В.А. 62	Трофименко А.Р. 22
Васильев Б.М. 65	Коротков Р.В. 45	Трофимов А.Н. 10
Верлова А.А. 7	Крылов К.А. 46	Тягин А.С. 69
Гавриутин А.А. 42	Кузнецов В.В. 20	Угаров А.С. 54
Гардубей Н.Ю. 36	Кузнецов С.Н. 47	Фёдоров И.В. 33
Гаряев С.М. 22	Кузнецова Ю.В. 23	Фёдоров С.Ф. 43
Гашевский Е.М. 17	Кузьмин А.М. 17	Харитонов А.С. 55
Головин И.В. 38	Кукушкин К.В. 38	Целищев И.А. 60
Горлов И.А. 25	Кулешова А.В. 66	Чабан Д.С. 63
Гречушкин И.В. 20	Лагутин М.А. 67	Чернякенич Е.Г. 56
Гусев В.В. 36	Ларин М.С. 56	Чугреев А.В. 56
Густов В.В. 57	Леонов М.Д. 37	Чупряк Д.В. 70
Густова Д.Р. 43	Липатов В.И. 22	Шандер А.Ю. 29
Дзюба О.В. 21	Литау Р.Н. 24	Шарин А.А. 30
Едигарев А.Д. 25	Магомедов И.Н. 48	Швед М.Е. 29
Ермакович В.В. 37	Маричев А.Е. 33	Широбоков О.В. 60
Ефремов Н.Ю. 19	Марков П.Н. 64	Шмонин С.А. 36
Жабин Е.В. 26	Марьясова В.В. 10	Шур П.А. 31, 32