

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Нунупарова Армена Мартыновича

на тему: «Проблемы механики и управления движением мобильных капсульных роботов и роботов с термомеханическими актюаторами»

по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

### **1. Актуальность.**

Диссертация посвящена изучению динамики управляемого движения капсульных роботов и роботов с шагающими движителями с кремниевополиимидными актюаторами.

Капсульный робот представляет собой достаточно гладкий замкнутый корпус с присоединенным внутри него твердым телом с помощью упругого элемента. Движитель с термомеханическим актюатором представляет собой композитное деформируемое тело типа балки, поверхность которого при температурном нагреве имеет различную деформацию. За счет этого происходит изгиб, и свободный конец перемещается в пространстве. Роботы первого типа могут быть использованы в случаях необходимости перемещения в стесненных условиях. Это объясняется тем, что они имеют гладкий наружный корпус без выступов, поэтому отсутствует возможность заклинивания, «спотыкания» и др.

Работы и некоторые результаты, полученные в области исследования виброперемещения твердых тел в средах с сухим, линейным и квадратичным известны (см., например, «Вибрации в технике» Т. 2 под редакцией И.И. Блехмана). Как правило рассматривается гармоническое возбуждение.

Автором рассматривается периодическое, но кусочно-постоянное воздействие привода на перемещающиеся тела, и изучаются зависимости средней скорости движения от параметров возбуждения и параметров робота. Такие задачи и их решение дополняют известные решения и являются актуальными.

Роботы с шагающими термомеханическими движителями также имеют перспективы быть востребованными в силу достаточно простого принципа управления. Они отличаются тем, что не содержат дополнительных звеньев и сочленений, что в большинстве случаев имеет место для шагающих движителей. Поэтому и изучение особенностей управления такими движителями также является актуальной задачей.

### **2. Краткий анализ содержательной части диссертации.**

В первой главе автором выполнен теоретический анализ капсульного вибрационного робота с возвратной пружиной и произведено компьютерное моделирование динамики его движения. На основе численного решения

получены графики зависимостей скорости движения робота от коэффициента заполнения периодического широтно-импульсного управляющего сигнала. Предложено решение задачи оптимизации конструкции капсульного робота состоящей в установлении соотношения между массой внутреннего тела и всего робота, обеспечивающее максимум его средней скорости.

Во второй главе автор описывает экспериментальную установку и методику экспериментальных исследований капсульного робота. Методика эксперимента включает и корректную обработку полученных результатов, позволяющих судить и о достаточной полноте и обоснованности разработанной математической модели.

В третьей главе рассматриваются основные виды термомеханических актюаторов и описываются возможные алгоритмы их работы, как шагающих движителей.

Предложена расчетная схема термомеханического актюатора в виде шарнирного многосзвенника для математического моделирования его движения. Выполнены экспериментальные исследования по измерению усилий и деформаций, возникающих на хвостовике актюатора.

### **3. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Обоснована постановка задач, имеющих важное теоретическое значение и большую практическую значимость.

Полученные выводы и рекомендации не противоречат известным результатам и являются основой для дальнейшего решения поставленной проблемы, которая, по мнению оппонента, может углубляться и расширяться.

### **4. Достоверность.**

Достоверность полученных результатов подтверждается грамотным применением математического аппарата, логичностью выводов и экспериментальными исследованиями.

### **5. Научная новизна.**

1. Установлены закономерности влияния коэффициента заполнения периодического широтно-импульсного управляющего сигнала и его периода на величину и направление средней скорости движения робота.

2. Доказано, что при движении твердого тела по изотропной шероховатой поверхности перемещения внутренних тел могут генерировать силы, действующие на твердое тело в различных направлениях. Как оппонент дополню, что если бы робот приводился в движение какими-либо другими движителями, то эти силы можно трактовать как дополнительные движущие или как силы сопротивления движению.

3. Предложена и апробирована математическая модель двигателя робота как термомеханического актюатора, представляющая собой систему с распределенными параметрами в виде шарнирного многозвенника.

#### **6. Замечания по работе.**

Основное замечание состоит в излишней широте заявленной цели исследования, формулируемой как «изучение динамики и принципов управления новых типов локомобионных систем».

Четко говорится об объектах исследования: капсульный робот и шагающий робот с термомеханическими актюаторами, а предмет исследований – установление зависимости средней скорости капсульного робота от конкретных параметров конкретного типа управляющего воздействия, и установления зависимостей развиваемых усилий и перемещений элементов термомеханического актюатора от температурного воздействия отражен в задачах, и является лишь одним из немногих элементов заявленной цели.

По мнению оппонента, исследование динамики предполагает решение гораздо большего числа задач, а не только установление зависимостей скорости движения робота от тех или иных параметров.

Полагаю, что задачи, связанные с изучением энергетических особенностей движения, маневренности, комфортабельности и др. найдут своё решение в дальнейших исследованиях автора.

Однако это замечание не снижает уровень диссертационной работы и значимости полученных результатов.

Диссертация соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор, Нунупаров Армен Мартынович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 «Теоретическая механика».

Заведующий кафедрой  
«Теоретическая механика»  
ФГБОУ ВО «Волгоградский  
государственный технический  
университет»,  
д.ф.-м.н., профессор  
01.02.01 – Теоретическая механика

400005, г. Волгоград,  
пр-кт им. В.И. Ленина, д.28,  
тел.(8442) 24-81-13,  
e-mail: [dtm@vstu.ru](mailto:dtm@vstu.ru)

