

В диссертационный совет

ИМАШ РАН

Д 002.059.05

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кленова Анатолия Игоревича «Динамический синтез и анализ механизма, реализующего движение локомоционной мобильной платформы в жидкости», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория механизмов и машин»

### **Актуальность выбранной темы**

В современном мире мобильные робототехнические системы, перемещающиеся в водной среде, решают различные задачи, связанные с мониторингом состояния окружающей среды, исследованием рельефа дна, взятием проб воды и многое другое. Как правило, в большинстве плавающих роботов используются вращающиеся винты, которые могут наносить вред водной флоре и фауне. Но в некоторых случаях необходимы устройства, способные интегрироваться в изучаемую среду, не нарушая происходящих в ней процессов. Один из таких типов устройств — это локомоционные мобильные платформы с внутренним механизмом, у которых в процессе движения внешняя оболочка остаётся неизменной, и отсутствуют приводные элементы, взаимодействующие непосредственно с жидкостью или воздухом над её поверхностью. При этом движение осуществляется за счёт работы внутреннего механизма, изменяющего положение центра масс системы. В связи с этим вопросы синтеза механизмов обеспечивающих продвижение локомоционных мобильных платформ в жидкости являются актуальными для создания подобных устройств.

## **Структура и оформление диссертации**

Диссертация изложена на 127 листах и включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы (96 наименований).

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, указана практическая значимость выполненной работы и приведена ее научная новизна.

Первая глава посвящена обзору надводных и подводных средств передвижения. Рассмотрены их способы передвижения в жидкости и выявлены объективные преимущества локомотионных мобильных платформ.

Вторая глава посвящена построению динамической математической модели движения локомотионной мобильной платформы в жидкости. В главе представлены результаты моделирования движения локомотионной мобильной платформы в рамках модели, предложенной В. В. Козловым и С. М. Рамодановым, и разработана новая математическая модель движения локомотионной мобильной платформы, которая учитывает трёхмерный колебательный режим движения платформы и внешние силы, действующие на платформу со стороны жидкости. В рамках данной модели исследована динамика рассматриваемой системы. Изучена зависимость характера движения платформы от параметров механизма.

В третьей главе описан процесс синтеза зубчатого механизма с одной степенью свободы, который реализует заданное изменение положения центра масс механической системы. По результатам синтеза механизма, сформулирована методика динамического синтеза, которая состоит из трёх этапов: структурный синтез, кинематический синтез и определение параметров натурального образа. На этапе структурного синтеза механизма выполняется обоснованный и рациональный выбор структурной схемы механизма исходя из целей и задач, который должен решать механизм, и функции движения выходных звеньев. Для решения задач структурного синтеза механизма использовался метод, основанный на применении универсальной структурной системы с использованием в качестве модели



зубчатого механизма плоских шарнирных механизмов. На этапе кинематического синтеза, на основе результатов динамического моделирования (представленного во второй главе) определены параметры звеньев механизма. На третьем этапе определены параметры натурального образца локомотивной мобильной платформы. Все массовые и линейные характеристики измерены, инерционные характеристики вычислены на основе 3D модели, адаптированной к натурному образцу. Для измерения гидродинамических свойств макета разработан и создан экспериментальный стенд.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов работы механизма на движение локомотивной мобильной платформы. Произведено сравнение экспериментальных данных и результатов численного моделирования движения локомотивной мобильной платформы. В результате сравнения сделан вывод о возможности применения разработанной методики синтеза и модели движения локомотивной мобильной платформы для синтеза и управления подобными устройствами.

В заключении представлены основные результаты работы и выводы, полученные на основе проведенных исследований.

### **Обоснованность и достоверность научных положений и результатов**

Научные положения и результаты работы представляются обоснованными и достоверными, поскольку работа основана на фундаментальных положениях математики и механики и использует общепринятые допущения. Теоретические результаты экспериментально подтверждены на натурном макете.

### **Научная новизна работы**

Научная новизна проведенной работы заключается в следующих положениях:

1. Разработана динамическая математическая модель движения локомотивной мобильной платформы, движущейся в жидкости за счёт работы внутреннего механизма, изменяющего распределение масс системы. Данная математическая модель учитывает трёхмерный колебательный режим движения платформы и внешние силы, действующие на платформу со стороны жидкости.

2. Разработана методика динамического синтеза механизма, осуществляющего продвижение локомотивной мобильной платформы в жидкости за счёт изменения распределения масс. С использованием разработанной методики синтезирован механизм и конструкция локомотивной мобильной платформы.

3. Проведена экспериментальная верификация разработанных математических моделей и методики динамического синтеза механизма, которая подтвердила их адекватность.

### **Замечания по диссертации**

1. В текстах диссертационной работы и автореферата встречаются синтаксические ошибки: пропущены запятые и точки.

2. В тексте диссертации имеются пронумерованные формулы, на которые нет ссылок в тексте.

3. В третьей главе не обоснован выбор значений длин звеньев механизма.

4. Не объяснено, чем обусловлен выбор типа двигателя в качестве привода для макета локомотивной мобильной платформы, и как влияют переходные процессы в приводах на точность движения.

### **Заключение**

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую актуальную научную задачу и методы ее решения, научную новизну и практическую значимость



результатов исследования. Автореферат соответствует содержанию диссертации. По результатам диссертации опубликовано 4 научных работ в журналах из перечня ВАК РФ, в том числе 1 статья в журналах из списка Web of Science, а также получен один патент на полезную модель.

В целом диссертация выполнена на высоком научном уровне, а сделанные выше замечания не снижают общего положительного впечатления о работе. Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям, и ее автор Кленов Анатолий Игоревич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 «Теория механизмов и машин».

Официальный оппонент - заведующий кафедрой «Механика, мехатроника и робототехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Юго-Западный государственный университет», доктор технических наук, профессор

 Яцун Сергей Федорович

«16» сентября 2019 г.

Специальность по которой защищалась диссертация: 01.02.06 – Динамика, прочность машин приборов и аппаратуры (технические науки).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: 305040, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, к.218

Телефон/факс: +7 (4712) 22-2626

E-mail: teormeh@inbox.ru



Подпись  
устанавливаю  
Специалист по кадрам

  
