МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ

ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Институт** Информационных технологий и управления в технических системах

**Кафедра(департамент)** «Информатика и управление в технических системах»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Дата  поступления  на кафедру  (департамент) | Подпись  отв. за  регистрацию | Подпись  преподавателя |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**ОТЧЕТ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| о | производственной | | (научно-исследовательской работе) | практике |
|  | | (вид практики) | (тип практики) |  |
| в | | Севастопольский государственный университет | | |
|  | | (наименование организации) | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Выполнил | | Дементьев К.В. | |
|  | (Фамилия И.О. обучающегося) | | |
|  | УТС/м-21-1-о | | |
|  | (шифр группы) | | |
| Направление/специальность | | 27.04.04 |
|  | Управление в технических системах | | |
|  | (код, наименование) | | |

Руководитель практики от Университета

|  |
| --- |
| доцент, к.т.н., зав. кафедрой |
| (должность) |
| Кабанов А.А. |
| (Фамилия И.О. руководителя) |

Севастополь

2021

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc88135870)

[Постановка задачи 4](#_Toc88135871)

[1 Обзор объекта управления 6](#_Toc88135872)

[1.1 Кинематика 6](#_Toc88135873)

[1.2 Динамика 8](#_Toc88135874)

[1.3 Гидродинамические эффекты 9](#_Toc88135875)

[1.4 Демпфирующие эффекты 9](#_Toc88135876)

[1.5 Влияние течений 10](#_Toc88135877)

[Заключение 11](#_Toc88135878)

[Библиографический список 12](#_Toc88135879)

## Введение

В 60-е годы XX века впервые появились промышленные роботы, которые успешно заменяли человека при выполнении ряда производственных функций. Однако их применение в те времена было крайне ограниченным, что в существенной мере определялось недостаточными возможностями вычислительной техники. В частности, даже не шла речь об активном использовании роботов под водой. В настоящее время, благодаря бурному развитию технических средств и компьютерных технологий, подводная робототехника имеет огромный спрос и множество сфер применения, что, как следствие, вызывает большой интерес у инженеров и исследователей в области теории управления.

Современные подводные роботы в большинстве случаев устанавливаются на автономные или необитаемые телеуправляемые подводные аппараты (НПА). С их помощью решаются задачи мониторинга и обследования морского дна для разработки природных ресурсов, взятия биологических проб жидкостей и обслуживания подводных сооружений, включая трубопроводы. Также подводные роботы широко используются при проведении поисковоспасательных работ, при изучении подводной флоры и фауны, для инспекции судов и в других случаях [\*]. В любом варианте реализации использование подводных манипуляторных комплексов избавляет человека от опасного труда, и, в то же время, сокращает эксплуатационные расходы, делая возможным проведение широкого спектра операций, недоступных человеку.

Актуальность настоящей работы объясняется необходимостью лаборатории университета в эксплуатации технических средств, которые и являются системами нескольких манипуляторов. Это антропоморфный робот и беспилотное подводное судно с парными органами схвата. Последнее представляет наибольший интерес, учитывая темпы развития современной подводной робототехники. Данный кейс требует более подробного рассмотрения в силу сложности объекта, так, например у подводных роботов, манипуляторы закреплены на мобильном основании, а система приводов имеет нелинейную динамику и испытывает сильное влияние гидродинамических эффектов, что существенно затрудняет оценку динамических параметров и проведение математического моделирования.

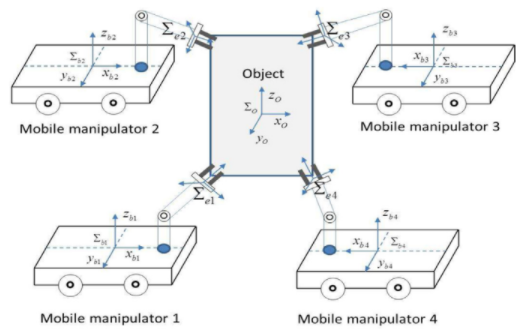
## Постановка задачи

Основной целью НИР является разработка и исследование системы согласованного управления комплексом манипуляторов. Также, не менее важным является решение подзадач предотвращения столкновений механизмов, синхронного схвата и перемещения объектов, выбора метода расчетов кинематики с планированием пути и последующее моделирование работы всей системы.

Система управления несколькими манипуляторами может интерпретироваться различным образом:

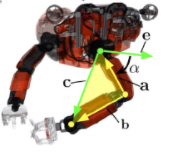
1) как некоторый комплекс отдельных подвижных или неподвижных роботов в различной среде с опциональными рабочими органами (рис. 1);

2) как система с комплексом манипуляторов на базе подвижной или неподвижной платформы в различной среде (рис. 2).



[https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.02.002]

В настоящей работе будут рассмотрены обе вариации системы управления, описанные выше.



[https://doi.org/10.3390/proceedings2020063077] [DOI: 10.1002/rob.21960]

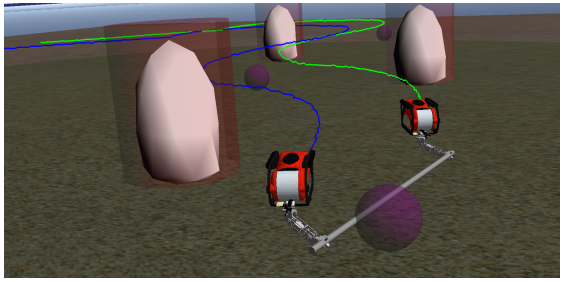


Рисунок 1 – Моделирование перемещения объекта двумя автономными подводными роботами с манипуляторами [PhD - Cooperative and Interaction Control for Underwater Robotic Vehicles]

## 1 Обзор объекта управления

## 1.1 Кинематика

Общие координаты транспортного средства определяются в геоцентрической системе координат:

,

где определяет расположение при продольном, боковом и вертикальном перемещении, соответственно. определяет углы Эйлера: крен, тангаж и рыскание, соответственно. Вектор выражается в системе координат, связанной с Землей, который является производным по времени от смешанных координат .



Рисунок 1.1 – Схема подводного робота с углами Эйлера [Antolelli]

Скорость твердого тела:

Определим матрицу

,

где – это нулевая матрица размерности . Здесь, – матрица поворота, которая определяется как

,

а матрица выражается с углами Эйлера как

Получим выражение скорости твердого тела в векторно-матричной форме:

,

Значение находится по матричному уравнению

,

где

(можно по кватернионам расчет добавить)

## 1.2 Динамика

Динамика твердого тела выводится из уравнений движения Ньютона-Эйлера и записывается в матричной форме как

,

где – ускорение твердого тела, а – составляющие сил и моментов (для 6 степеней свободы). Матрица константная, симметричная и положительно определенная ().

,

где – это единичная матрица размерности , а – это тензор инерции, выраженный в системе отсчета данного тела.

Важно, что не существует уникальной параметризации матрицы , представляющей кориолисовы и центростремительные условия. Можно продемонстрировать, что матрицу всегда можно параметризовать таким образом, чтобы она была кососимметричной, т.е.,

.

Обратите внимание, что может быть значительно упрощено, если начало координат тела совпадает с центром его массы, т.е. и является диагональной матрицей.

## 1.3 Гидродинамические эффекты

Когда твердое тело движется в жидкости, необходимо учитывать дополнительную инерцию жидкости, окружающей тело, которая ускоряется движением последнего. Этим эффектом можно пренебречь в промышленной робототехнике, поскольку плотность воздуха намного меньше плотности движущейся механической системы. Однако, в подводных приложениях, плотность воды, кг/м3, сопоставима с плотностью транспортных средств. В частности, при 0о плотность пресной воды составляет 1002,68 кг/м3; для морской воды с соленостью 3,5 % она составляет кг/м3.

Жидкость, окружающая тело, ускоряется вместе с самим телом. Для достижения этого ускорения необходима сила; жидкость оказывает силу реакции, равную по величине и противоположную по направлению. Эта сила реакции является дополнительным вкладом массы. Добавленная масса – это не количество жидкости, которое нужно добавить в систему, чтобы она имела увеличенную массу. Различные свойства сохраняются в отношении (6 × 6) матрицы инерции твердого тела из-за того, что добавленная масса является функцией геометрия поверхности тела. В качестве примера, матрица инерции не обязательно является положительно определенной.

Если тело полностью погружено в воду, скорость низкая, и оно имеет три плоскости симметрии, общие для подводных аппаратов, то можно рассмотреть следующую структуру матриц и :

## 1.4 Демпфирующие эффекты

Вязкость жидкости также вызывает наличие диссипативных сил сопротивления и подъемной силы на теле.

Общее упрощение состоит в том, чтобы рассматривать только линейные и квадратичные термины затухания и группировать эти термины в матрице .

Коэффициенты этой матрицы также считаются постоянными. Для полностью

погруженного тела можно сделать следующее дальнейшее предположение:

## 1.5 Влияние течений

Предположим, что водное течение, выраженное в инерциальной системе отсчета является постоянным и без вращения, т. е.,

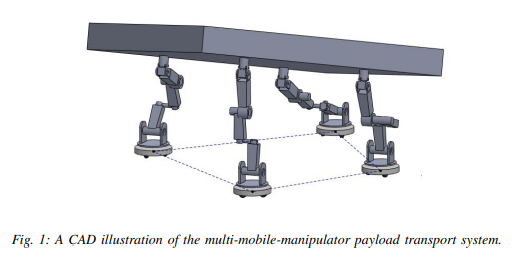
## Заключение

В рамках НИР №1 был достигнут ряд целей. Рассмотрели существующие методы построения моделей подводной техники с учетом динамических особенностей среды.

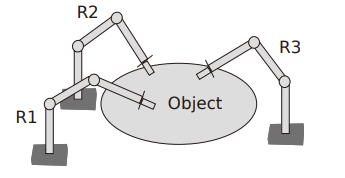
## Библиографический список

ЧЕРНОВИКИ

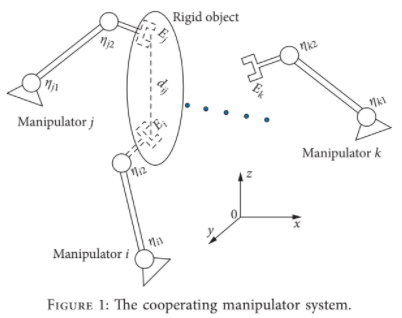
1.



[https://www.researchgate.net/publication/331888171]



[**DOI:**[10.1109/ChiCC.2015.7259800](https://doi.org/10.1109/ChiCC.2015.7259800)]



[ <https://doi.org/10.1155/2021/5560277>]