

УПРАВЛЕНИЕ ПОДВОДНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ

Е.В. Дементьев

Волгоградский государственный технический университет
Россия, 400005, Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28
E-mail: evg7360@yandex.ru

Е.С. Брискин

Волгоградский государственный технический университет
Россия, 400005, Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28
E-mail: dtm@vstu.ru

Ключевые слова: транспортная система, положительная и отрицательная плавучесть, энергия сжатого воздуха, выталкивающая сила.

Аннотация: Рассматривается и описывается конструкция и принцип работы транспортной системы, работающей под водой, предназначенная для поднятия со дна акватории непосредственно на берег полезного груза как насыпного, так и крупногабаритного. Для этого используются только энергия сжатого воздуха. В процессе перемещения груза по наклонно расположенным направляющим происходит циклическое наполнение понтонов сжатым воздухом из резервуара, а далее его сброс в окружающую водную среду, за счет этого изменяется подъемная сила, возникает вертикальная и горизонтальная составляющая движения.

1. Введение

Одна из актуальных проблем мобильной робототехники состоит в перемещении полезных грузов в придонных областях мирового океана. Как правило, существующие проекты предполагают использование робототехнических платформ на основе гусеничных или шагающих движителей [1-3]. Возможно применение и «шагающеподобных» движителей на основе якорно-тросовых [4, 5], и якорно-тросово-гусеничных механизмов [6]. Эти движители, в отличие от традиционных, обладают более высокой профильной проходимостью за счет изменения характера взаимодействия с опорной поверхностью. Вместо опоры на грунт – подтягивание робота-понтонa с небольшой положительной плавучестью к якорю грузу, находящегося на дне водоема. Однако, абсолютная профильная проходимость с надежным позиционированием робота достигается при наличии заранее проложенной ровной трассы.

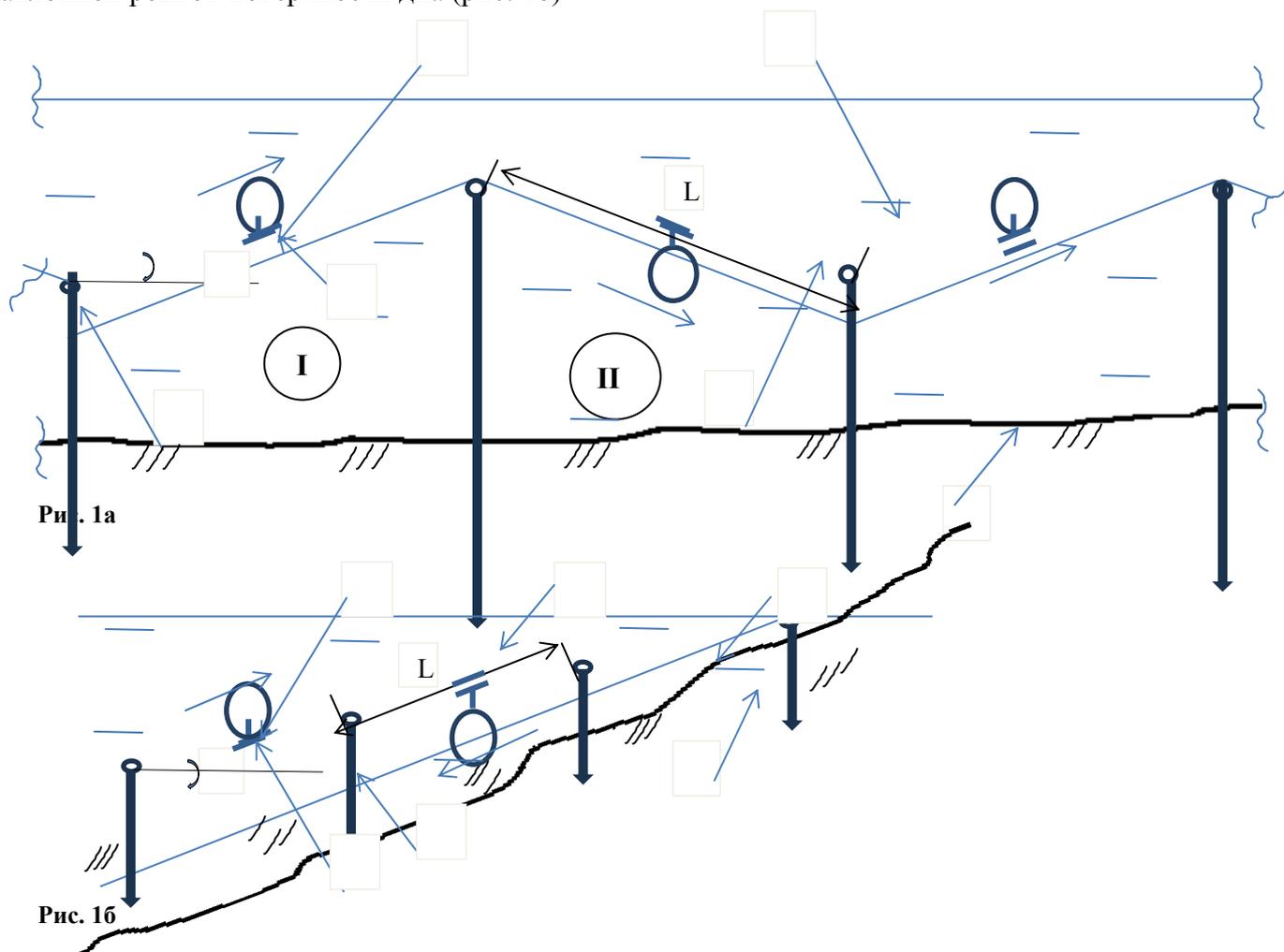
Такой трассой, неподверженной изменению под влиянием течений и других факторов может быть подводная дорога с гибкими или жесткими направляющими (далее «направляющие»).

Особенностью такого способа перемещения может являться и то, что движение грузов, перемещающихся на платформах по направляющим возможно за счет управления плавучестью.

Так, имея емкости со сжатым воздухом, можно регулировать плавучесть и осуществлять перемещение платформы вдоль направляющих в произвольном направлении.

2. Описание схемы и принципа действия подводной транспортной системы

Следует рассматривать два основных режима движения и принципа управления грузовой понтонной робототехнической платформой (ПРП): перемещение вдоль условно горизонтальной ровной поверхности дна (рис. 1а), перемещение вдоль условно наклонной ровной поверхности дна (рис. 1б)



1 – понтонная робототехническая платформа (ПРП); 2 – опора направляющей; 3 – направляющие; 4 – рельеф дна; 5 – вода; 6 – узел скольжения ПРП по направляющей; I – этап движения ПРП вверх; II – этап движения ПРП вниз

При перемещении вдоль условной горизонтальной поверхности дна направляющие крепятся на вертикальных стойках различной высоты h таким образом, чтобы в среднем при горизонтальном движении поочередно реализовывались режимы с подъемом ПРП и ее опусканием. В фазе подъема (I) (рис. 1а) выталкивающая сила превышает силу тяжести. Это достигается вытеснением определенного объема воды из соответствующих емкостей сжатым воздухом.

На следующем II этапе (рис. 1б) воздух из этих емкостей выпускается в окружающую водную среду, а сами емкости заполняются жидкостью. Плавучесть становится отрицательной, и ПРП продолжает движение по направляющей, но с опусканием. Далее циклы повторяются.

При движении вдоль наклонной поверхности дна (рис.1б) следует обеспечить постоянную плавучесть по знаку, а ее конкретное значение будет зависеть от наклона профиля дна.

3. Постановка задачи

Ставится задача определения такого режима движения, при котором за минимальное время ПРП перемещается на максимально возможное расстояние, допускаемое запасом сжатого воздуха. Запас сжатого воздуха расходуется на вытеснение жидкости из емкостей ПРП. При идентичном режиме движения на каждом этапе подъема положительная плавучесть P определяется выражением:

$$P = \frac{Q}{n} - Mg,$$

где Q – суммарный вес вытесняемой воды за n циклов подъема, Mg – вес робота-платформы.

Конфигурация направляющей на условно горизонтальном профиле дна определена углом α (рис.1а) и длиной L направляющей между соседними опорами.

4. Метод решения

Решение поставленной задачи основывается на составлении уравнений поступательного движения ПРП по направляющей.

$$M \frac{dv}{dt} = \left(\frac{Q}{n} - Mg \right) [\sin\alpha - f\cos\alpha] - \mu v,$$

где f – коэффициент трения узла скольжения (6) (рис.1а) ПРП о направляющую, μ – коэффициент вязкого сопротивления, зависящий от формы ПРП.

В результате решения уравнения (2) определяется закон движения робота на каждом из участков $v=v(t, \alpha)$, что дает возможность установить влияние угла наклона α на характеристики движения – времени τ для прохождения заданного участка длины L .

5. Заключение

Разработана концепция реализации и управления подводной транспортной системы для перемещения грузов в природной зоне водоемов. Составлено уравнение, позволяющее определить основные характеристики движения.

Список литературы

1. Ляхов Д.Г. Современные задачи подводной робототехники. // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1. С. 15-23.
2. Hong S., Kim H.W., Choi J.S. Comparative study on tracked Vehicles on Extremely soft Cohesive soil // The 5th ISO PE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium. 2002. P. 132-138.
3. Чернышев В.В., Арыканцев В.В. МАК-1 – Подводный шагающий робот // Робототехника и техническая кибернетика. 2015. № 2 (7). С. 45-50.
4. Брискин Е.С., Пеньшин И.С., Шаронов Н.Г. Патент RU 217486 U1. Двигатель для мобильной платформы: № 2022133985; заявл. 23.12.2022; опубл. 04.04.2023; заявитель, патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ) (RU). ФИПС: URL: <https://fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=09611e742cf396060ed5d9ef337f1a13>.
5. Пеньшин И.С., Брискин Е.С. Об управлении роботов-понтонных с якорно-тросовыми // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023). 2023. С. 201-203.

6. Гулевский В.В., Брискин Е.С. Управление ориентацией гусеничной цепи мобильных роботов с якорно-тросово-гусеничными движителями // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2023). 2023. Т. 1. С. 145-148.