

УДК 620.179:621.3.014.4

К.Ю.Жарко, студент гр. ПИ-61м, к.т.н., доц. Дубинець В.И.
КПИ им. Игоря Сикорского

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОДВОДНОГО МИКРОРОБОТА

Аннотация. В данной статье представлены перспективы развития подводной робототехники. Рассмотрены вопросы управления двигателем подводного микроробота, разработана математическая модель.

Ключевые слова: подводный микроробот, математическая модель, погружения микроробота.

ВСТУП

На сегодняшний день исследование океана является одним из наиболее приоритетных направлений робототехники во многих странах мира. По самым оптимистичным оценкам человеком изучено лишь 5-7% океана. Подводная робототехника является одной из новейших областей в рамках данного направления. В последние годы необитаемые подводные аппараты (НПА) широко используются для решения таких задач, как исследование морского дна, мониторинг и обслуживание трубопроводов и кабельных линий, сбор биологических и геологических проб жидкостей, освоение морских нефтяных и газовых месторождений, проведение подводных аварийно-спасательных работ[1].

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Общая структура математической модели канала управления глубиной погружения робота представлена на рис.1.

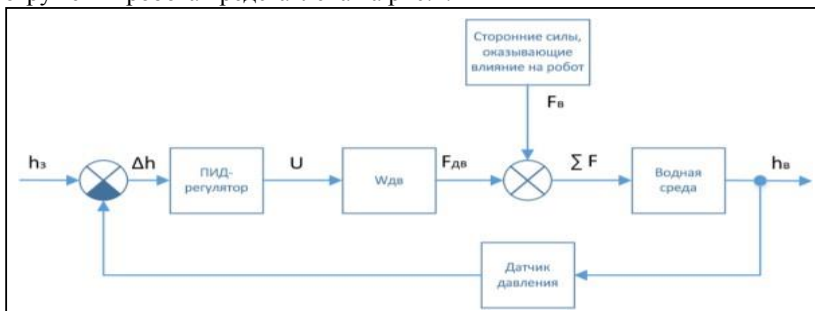


Рисунок 1. Обобщенная структура математической модели канала управления глубиной погружения НПА

Рассмотрим составляющие математической модели: h_z – входной сигнал, представляющий собой глубину погружения робота; h_v – выходной сигнал, представляющий действительное значение глубины в текущий момент времени. В цепи обратной связи стоит датчик глубины, предназначенный для регулирования значения глубины погружения НПА.

Рассмотрим каждый блок операторно-структурной схемы подробнее. Как видно из рисунка 1 ПИД-регулятор формирует сигнал, поступающий

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}; \quad (1)$$

где K_p , K_i , K_d — коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора соответственно.

Применительно к проектируемой модели НПА, рассматривая разницу между заданной глубиной погружения и ее значением в текущий момент времени, умножая ее на некоторый коэффициент и подавая полученный сигнал на двигатели на выходе получим силу тяги которую необходимо обеспечить. В реальных условиях эффект от воздействия проявляется с запаздыванием, так как на объект управления воздействует не только оператор, но и окружающая среда: сила притяжения Земли, сила Архимеда, сопротивление окружающей среды, турбулентность и др.[2].

Рассмотрим некоторые из сил действующие на НПА с биоподобным двигателем. Скорость перемещения робота напрямую зависит от плотности окружающей тело среды, температуры, турбулентности и т.д. При небольших скоростях, которые не вызывают турбулентных течений воды, сила сопротивления имеет линейную зависимость от скорости НПА. Скорость перемещения робота найдем из выражения, а зная скорость находим перемещение

$$v(t) = \frac{1}{m} \int_0^t F(t) \times dt, \quad (2)$$

$$s(t) = \int_0^t v(t) \times dt;$$

Таким образом, получаем глубину, на которую погрузится/всплывет робот за определенный промежуток времени[3].

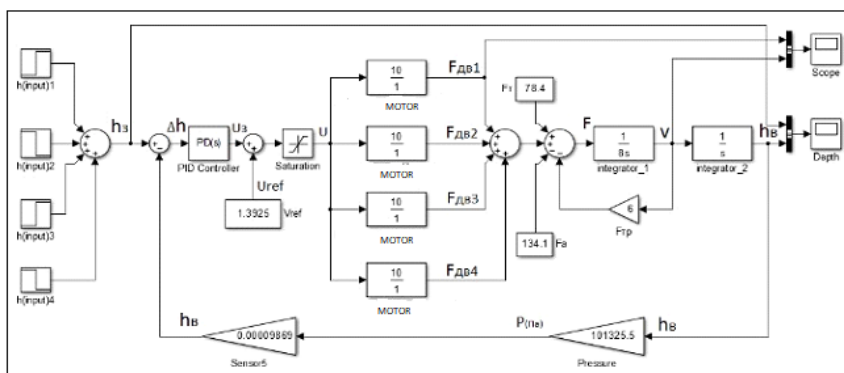


Рисунок. 2. Математическая модель системы управления глубиной погружения НПА

В схеме имеется четыре блока h (input), первый выполняет функции двигателя и находится в хвостовой части корпуса, второй реализует функции руля глубины разворачивая синхронно передние плавники, третий выступает в роли киля и четвертый служит для смещения аккумуляторной

батареи либо перестальтического насоса и откачки воды с целью управления нейтральной плавучестью. В момент времени $t_1=1с$ задаем глубину погружения 6 м, при $t_2=6с$ глубину 3 м, при $t_3=17с$ глубину 10м, при $t_4=22с$ глубину 1м. В итоге на выходе первого сумматора имеем сигнал, задающий глубину погружения НПА в определенные моменты времени. Блок PID Controller представляет собой ПИД-регулятор, настройка которого производится после составления модели управления глубиной погружения НПА. Блок Vref задает начальное значение тяги движителя с учетом значений сил внешней среды, действующих на НПА в воде и представлено в виде постоянного значения (в вольтах) управляющего сигнала. Таким образом, управляющий сигнал на движителях формируется путем суммы сигналов блоков Vref и PID Controller. Далее, тяга движителя который находится в хвосте Fдв складывается с внешними силами, действующими на НПА: F_t – сила тяжести, F_a – сила Архимеда, $F_{тр}$ – сила трения/сопротивления воды. После интегрирования скорости получим перемещение – глубину – выходной сигнал (реальное значение глубины, на которой находится НПА в текущий момент времени). Выходное значение глубины фиксируется, пересчитывается в давление, значение которого поступает на датчик глубины (блок Sensor) и через обратную связь поступает на сумматор, на выходе которого формируется ошибка – отклонение выходного сигнала от заданного значения. На схеме представлено два блока hb: первый – датчик, фиксирует значение давления и, затем, программно переводит его в глубину ($10 м = 101325,5 Па$). Коэффициенты ПИД-регулятора получены с помощью встроенной функции автоматической настройки в MATLAB Simulink.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.В. Кожемякин Разработка автономных необитаемых подводных глайдеров / И.В. Кожемякин, К.В. Рождественский, В.А. Рыжов, А.В. Смольников, Известия ЮФУ. Технические науки. Раздел 1. Робототехника, 2013 – с. 31-39.
2. ПИД-регулятор [Электронный ресурс] URL: <http://habrahabr.ru/post/145991/>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык рус. Дата обращения: 02.04.2016 г.
3. Разработка подводного робота «ODYSSEY» / Федоров Е. А., Булуев И. И. // XII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодежь и современные информационные технологии", 2016. – 278 р.