

Отзыв

на автореферат диссертации Коноплина А.Ю. «Система автоматической стабилизации подводного аппарата в режиме зависания при работающем многозвенном манипуляторе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Работа Коноплина А.Ю. посвящена разработке системы управления автономным подводным аппаратом, оснащенным манипулятором. Рассматривается одна из часто выполняемых операций – перемещение рабочего инструмента по заданной траектории. Достаточно точное выполнение такой операции требует стабилизации корпуса аппарата, на который действуют силы и моменты со стороны движущегося манипулятора, а также иные силы, обусловленные воздействием внешней среды. Разработка системы стабилизации подводного аппарата и является основным содержанием диссертации. Задача стабилизации мобильного робота при работе манипулятора сама по себе не является новой и уже рассматривалась, например, применительно к свободно-летающему космическому манипуляционному роботу. Однако работа манипулятора в условиях подводной среды обладает значительными особенностями. На звенья робота действуют силы и моменты, обусловленные вязкостью среды. Кроме того, операции нужно выполнять достаточно быстро, что требует учета динамики манипуляционного механизма при расчете корректирующих воздействий. Таким образом, постановка задачи является актуальной.

Достоинством работы является разработка и сопоставление нескольких способов решения задачи, что позволяет выбрать наилучший из них. Прежде всего, рассматривается способ, основанный на решении обратной задачи динамики манипулятора. Приводятся рекуррентные соотношения, позволяющие методом «прямой» рекурсии последовательно определить скорости и ускорения звеньев и, посредством «обратной» рекурсии рассчитать действующие на корпус аппарата со стороны манипулятора силы и моменты. Особенность расчета состоит в том, что каждое звено разбивалось на несколько частей; на каждую из этих частей действовала сила стороны внешней среды, которая имела линейную или квадратичную зависимость от скорости движения соответствующей части. При этом учитывалась и зависимость коэффициента вязкого трения, возникающего при поступательном перемещении звена манипулятора в вязкой среде, от угла наклона звена к набегающему потоку жидкости. Для определения такой зависимости

автором проведены необходимые эксперименты. Таким образом, построенная модель динамики движения манипулятора в жидкой среде позволяет в достаточной мере учесть её основные особенности при определении воздействия движущегося манипулятора на корпус аппарата. Эта модель представляет самостоятельный интерес при компьютерном моделировании динамики манипуляционного подводного робота.

Вместе с тем, автор не определил, что представляет собой конструкция манипулятора. Можно предположить, что это стержневой механизм. В случае более сложной конструкции разделение его звеньев на элементарные части вызывает сомнения. Однако, при проведении численных экспериментов (гл.3) автором выбран манипулятор PUMA (видимо, PUMA 560), который стержневым механизмом не является. Не проведен также анализ вычислительной сложности рассмотренного алгоритма и не определены требования к вычислительному устройству, работающему в реальном масштабе времени.

В третьей главе диссертации автор провел исследование методом математического моделирования системы стабилизации и ориентации положения аппарата при непосредственной компенсации действующих на аппарат со стороны манипулятора сил и моментов. Аппарат снабжен движителями, способными развивать вектор сил и вектор моментов, необходимые для обеспечения стабилизации аппарата. Результаты моделирования (рис. 4б) показывают постепенное накопление ошибки, вполне естественное для разомкнутой системы. Можно согласиться с автором, что в реальности результаты будут еще хуже, поскольку являются приближенными как математическое описание самого аппарата, так и действующих возмущений.

Альтернативный способ коррекции динамического взаимовлияния манипулятора и подвижного основания, также исследованный автором, состоит в использовании замкнутой системы стабилизации, не учитывающей непосредственно динамического взаимовлияния при формировании управляющих воздействий (рис. 4а). Результаты также получаются неудовлетворительными, хотя они зависят от удачного выбора регуляторов. Этот аспект в автореферате не освещен.

На основании анализа результатов проведенных исследований автор предлагает комбинированный метод стабилизации, который предполагает как наличие обратных связей, так и информацию о силах, действующих на корпус со стороны манипулятора. Насколько можно судить по автореферату, такой способ управления и является основным результатом диссертации. Результаты

моделирования показали преимущество предложенного способа по сравнению с двумя другими. Способ обеспечивает стабилизацию аппарата, как по положению, так и по ориентации. При этом ошибка хотя и возрастает, но значительно медленнее, чем при стабилизации без обратной связи.

Предложенный способ стабилизации позволяет решить задачу, поставленную в диссертации. Однако комбинированный способ коррекции недостаточно полно освещен в автореферате, что затрудняет оценку его эффективности. Так, на рис.3 на вход регуляторов комбинированной системы подаётся ошибка положения и ориентации, а на выходе получаются желаемые значения управляющих сил. Как они вычисляются, автор не уточняет. Недостатком этой части работы является и отсутствие анализа устойчивости предложенной системы комбинированного управления. Такой анализ вполне можно было бы провести с помощью линеаризации, поскольку рассматривается движение в окрестности рабочей точки, или заданной траектории. Вопросы устойчивости тем более важны в связи со сложностью решения обратной задачи динамики в реальном масштабе времени. Запаздывание, вызванное временем её решения на бортовом вычислительном устройстве, может оказаться критическим для устойчивости системы.

В работе не уделено внимание и вопросам анализа влияния случайных воздействий на аппарат и его манипулятор со стороны внешней среды, которые могут быть существенными для решения задачи стабилизации подводного аппарата.

Отмеченные в отзыве недостатки не снижают общей положительной оценки работы, которая представляет собой обширное исследование динамики подводного аппарата, снабженного манипулятором.

Работа содержит новые научные результаты в части математического описания динамики подводного манипулятора и способа комбинированного управления аппаратом. Её результаты могут найти практическое применение при разработке подводных аппаратов, предназначенных для выполнения сложных манипуляционных операций, в том числе, и при выполнении с помощью манипулятора механических операций, сопровождающихся дополнительными воздействиями на аппарат.

Диссертация соответствует заявленной специальности, а её основные результаты работы достаточно полно отражены в научных публикациях, в том числе в четырех статьях в журналах, входящих в перечень ВАК.

Автор диссертации — Коноплин А.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 — Системный анализ, управление и обработка информации.

Профессор кафедры «Робототехнические системы и мехатроника»

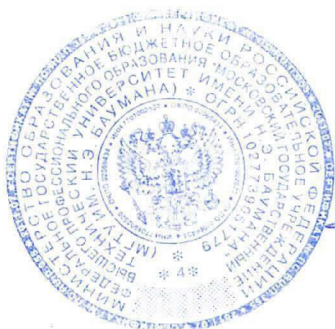
МГТУ им. Н.Э.Баумана, д.т.н.

А.С. Ющенко

Москва, 105005, 2-я Бауманская улица, дом 5

E-mail: robot@bmstu.ru; тел: 8 499 165 17 01

06 мая 2015 г.



ВЕРНО:

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ

МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

А.Г. Матвеев
А.Г. МАТВЕЕВ