

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

 Волосова М.А.

«24» апреля 2015 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Коноплина Александра Юрьевича «Система автоматической стабилизации подводного аппарата в режиме зависания при работающем многозвенном манипуляторе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации

Диссертация А.Ю. Коноплина посвящена разработке методов построения высокоточных систем стабилизации подводных аппаратов, оснащённых манипуляторами, в режиме их зависания вблизи объектов работ при работающих манипуляторах, на которые действуют силы их взаимодействия с водной средой. Основная проблема состоит в учёте сложных нелинейных зависимостей, связывающих эти силы с текущей конфигурацией и скоростями движения звеньев манипулятора, а также с необходимостью формирования новых структур и методов настройки параметров системы управления подводным аппаратом, обеспечивающих повышение быстродействия и точности стабилизации.

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью разработки новых методов обеспечения высокой точности стабилизации положения подводных аппаратов при выполнении технологических операций манипуляторами в режиме зависания над объектом работ. Проблема стабилизации оснащённых манипуляторами подводных аппаратов с учётом силовых воздействий, возникающих при быстрых движениях манипулятора в воде, стоит особенно остро в связи с тем, что требования к качеству и скорости выполнения технологических операций непрерывно возрастают, причём время выполнения подводных работ ограничено, а их стоимость высока.

В результате проведённых исследований автором достигнута поставленная **цель диссертации** – разработка и исследование методов синтеза высокоточных систем автоматического управления и стабилизации подводных аппаратов в режиме их зависания в заданной точке пространства при работающих подводных манипуляторах и методов автоматического управления режимами движения рабочих органов этих манипуляторов для более точного и быстрого выполнения различных технологических операций.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 111 наименований. Основное содержание диссертации изложено на 110 страницах машинописного текста и проиллюстрировано 36 рисунками.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, даны краткие сведения о содержании глав диссертации и характеристика основных результатов исследования.

В первой главе выполнен анализ научной проблемы управления оснащённых манипуляторами подводными аппаратами и областей их использования, в результате которого автором обнаружено, что наиболее эффективным режимом выполнения большинства технологических операций является режим стабилизируемого зависания подводного аппарата вблизи объекта работ. Выполнен обзор существующих подходов к стабилизации подводных аппаратов и методов управления подводными манипуляторами, который позволил выявить их недостатки, сформулировать цель и задачи исследования.

Во второй главе построена математическая модель и проведены экспериментальные исследования, на основании которых автор предлагает рассчитывать силовые воздействия, оказываемые водной средой на манипулятор подводного аппарата, совершающий произвольные движения с относительно высокой скоростью. В диссертации правильно отмечено, что различные части звеньев подводного манипулятора могут двигаться в воде с разными скоростями. Поэтому следует признать правильным предложение автора разбивать звенья на конечное число элементарных частей и рассчитывать силу и момент, действующие на подводный аппарат, с учётом сил сопротивления движению, действующих на все части звеньев манипулятора с учетом значений числа Рейнольдса для каждой движущейся части.

На базе полученных расчётов сформирован новый эффективный рекуррентный алгоритм решения обратной задачи динамики для

многозвенного подводного манипулятора, предназначенный для определения величин силовых и моментных воздействия на подводный аппарат со стороны манипулятора при широком диапазоне значений скоростей его движения в воде.

Ценность работы существенно возрастает благодаря наличию в ней экспериментально найденных автором значений коэффициента сопротивления, соответствующих большим скоростям движения звеньев манипулятора и различным углам наклона звена к направлению потока вязкой среды.

Третья глава посвящена разработке метода синтеза системы стабилизации подводного аппарата с учётом воздействия на него со стороны движущегося в воде манипулятора. Для стабилизации положения подводного аппарата автором применён подход, основанный на комбинации метода управления по отклонению фактического положения аппарата от его желаемого положения и метода компенсации косвенно измеряемых силовых воздействий на подводный аппарат со стороны движущегося подводного манипулятора. Преимущество такого подхода состоит в том, что три замкнутых следящих подсистемы, принимающих задающие воздействия от бортовых навигационных приборов, обеспечивают требуемую точность стабилизации в установившемся режиме, а разомкнутая цепь компенсации способствует увеличению быстроты реакции подводного аппарата на силовые воздействия, вызванные движением подводного манипулятора.

В четвертой главе исследованы вопросы построения системы непрерывной автоматической коррекции программной траектории движения характерной точки рабочего органа манипулятора с учетом смещений подводного аппарата от его исходного положения в процессе движения манипулятора. Положительная особенность предложенного автором решения состоит в автоматическом регулировании скорости движения рабочего органа с учётом возможного насыщения приводов по скорости, при котором скорость достигает максимально возможного значения, а отклонение рабочего органа от желаемой траектории не превышает допустимого.

В заключении приводятся основные результаты и выводы, полученные автором в диссертационном исследовании.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации, основные научные результаты и выводы, полученные в диссертации.

К новым научным результатам, полученным автором диссертации, можно отнести следующие результаты.

1. Метод синтеза комбинированной системы стабилизации подводного аппарата в режиме зависания, включающей в себя замкнутый контур стабилизации, построенный на основе бортовой навигационной системы, и разомкнутый контур компенсации силовых воздействий на подводный аппарат со стороны манипулятора, движущегося в водной среде.
2. Модифицированный рекуррентный алгоритм решения обратной задачи динамики для подводного манипулятора, учитывающий особенности влияний вязкой среды на движущиеся звенья манипулятора.
3. Подход к экспериментальному определению коэффициентов сопротивления движению звеньев подводного манипулятора, основанный на учёте результирующего момента сил, действующих на отдельные части звеньев манипулятора, движущихся в воде с разными скоростями и под разными углами наклона.
4. Метод синтеза автоматической системы коррекции движений рабочего органа подводного манипулятора с учётом измеряемых отклонений положения подводного аппарата от его заданного положения.
5. Метод автоматического управления скоростью движения рабочего органа подводного манипулятора, позволяющий достигать максимально возможной скорости движения, при которой отклонение рабочего органа от заданной траектории не превышает допустимое отклонение.

Обоснованность и достоверность результатов работы обеспечивается корректным применением законов физики, положений теории автоматического управления, математического моделирования и методов компьютерного исследования нелинейных динамических систем, а также подтверждается полученными в диссертации результатами экспериментальных исследований.

Значимость полученных автором результатов и выводов диссертации

Полученные автором результаты по стабилизации подводного аппарата при работающем манипуляторе вносят заметный вклад в развитие науки в области системного анализа и управления такими сложными динамическими объектами, как подводные аппараты, оснащённые манипуляторами.

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что с использованием предложенных методов и подходов могут быть созданы автоматические системы стабилизации и управления подводными аппаратами, оснащёнными многозвенными манипуляторами для выполнения технологических операций в режиме зависания аппарата в зоне проведения работ. Такие решения позволяют получить прирост производительности и

повышение качества выполнения технологических операций, а также расширить круг работ, выполняемых подводными манипуляторами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Предлагаемые автором методы построения систем стабилизации рекомендуются к внедрению на предприятиях, занимающихся созданием и эксплуатацией роботизированных подводных аппаратов, а также в вузах, ведущих обучение студентов в области подводной робототехники и построения систем управления сложными нелинейными динамическими объектами.

Публикации, апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования по теме диссертации опубликованы в 20 научных трудах, в том числе в четырёх статьях в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, и в трёх патентах на изобретения. Результаты работы апробированы на международных, всероссийских и региональных научных конференциях.

Полученные в диссертации результаты использованы в учебном процессе Дальневосточного федерального университета при подготовке бакалавров по направлению 221000.62 – «Мехатроника и робототехника», а также при проведении экспедиционных работ с телеуправляемыми подводными аппаратами Института биологии моря ДВО РАН.

Замечания по диссертации

1. При синтезе следящих подсистем, каждая из которых управляет двумя координатами подводного аппарата, автором предложен многоэтапный процесс поочерёдной настройки регуляторов разных каналов этих подсистем. Однако неясно, при каких значениях параметров гарантируется сходимость этого процесса и всегда ли достаточно двух итераций для получения приемлемого результата.
2. В диссертации отсутствует оценка вычислительной сложности предложенного алгоритма решения обратной задачи динамики подводного манипулятора. Неясно, как вычислительная сложность этого алгоритма зависит от количества сегментов, на которое разбиваются звенья манипулятора.
3. Отсутствуют результаты натурных испытаний системы стабилизации подводного аппарата, построенной с применением разработанного метода

синтеза, которые могли бы повысить уверенность в эффективности функционирования синтезированных систем в реальных условиях работы.

Заключение

Отмеченные недостатки не меняют общей положительной оценки диссертации Александра Юрьевича Коноплина. Основные результаты исследования достаточно полно представлены в публикациях соискателя, в том числе в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, и патентах на изобретения. Диссертация А.Ю. Коноплина представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения в области эффективной стабилизации подводных аппаратов с манипуляторами, имеющие существенное значение для развития отечественной подводной техники.

Диссертация соответствует требованиям положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Коноплин Александр Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации.

Отзыв на диссертацию А.Ю. Коноплина обсужден и одобрен на заседании кафедры «Робототехника и мехатроника» ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» 16.04.2015 года (протокол № /).

Отзыв подготовили

Заведующий кафедрой робототехники и мехатроники
д.т.н., профессор



Ю.В. Подураев

Д.т.н., профессор кафедры робототехники и мехатроники



Ю.В. Илюхин

Подураев Юрий Викторович

Адрес: 1270055, Москва, Вадковский пер., 1; e-mail: y.poduraev@stankin.ru;
тел.: 8 (499) 973-33-94

Илюхин Юрий Владимирович

Адрес: 1270055, Москва, Вадковский пер., 1; e-mail: ilyv_178@mail.ru;
тел.: 8 (499) 972-94-36

