

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Хожаева Ивана Валерьевича на тему: «Синтез адаптивного и робастного регуляторов для модального двухрежимного управления движением необитаемого подводного аппарата», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

В настоящее время необитаемые подводные аппараты (НПА) всё больше применяются при проведении поисково-обследовательских работ, добычи полезных ископаемых, осуществлении мониторинга морских акваторий. Эффективность работы НПА определяется качеством их системы управления. Однако разработка системы управления осложняется тем, что параметры движительного комплекса, гидродинамические характеристики НПА характеризуются нелинейностью и нестационарностью. Поэтому актуальность работы Хожаева И.В. не вызывает сомнений.

В диссертационной работе Хожаев И.В. разработал декомпозированную интервально-линеаризованную математическую модель системы управления движением НПА по всем степеням свободы, а также разработал новые методики синтеза робастного и адаптивно-робастного регуляторов. Данные методики апробировал на примере задачи синтеза системы управления погружением/всплытием НПА.

Предложенная математическая модель позволяет применять подходы к синтезу линейных систем, при этом учитывает нестационарность, нелинейность и многосвязность НПА как объекта управления. А предложенные методики синтеза имеют выраженную практическую значимость, так как позволяют получить коэффициенты простых в реализации пропорционально-интегрального или пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регуляторов, обеспечивающих движение НПА с заданными требованиями. Результаты работы могут быть полезны для ведущих предприятий – разработчиков НПА.

Следует отметить широкую апробацию работы на отечественных и международных конференциях, а также высокую публикационную активность Хожаева И.В. По результатам диссертационной работы опубликовано 19 работ, в том числе 8 в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ и проиндексированных в Scopus и 9 статей, опубликованных по результатам

международных конференций, в изданиях, проиндексированных Scopus и (или) Web of Science.

В качестве замечаний к работе можно указать следующие:

- 1) В работе не рассматривается вопрос распределения сигналов на движительный комплекс, а также изменений его коэффициентов усиления в зависимости от взаимовлияний между каналами.
- 2) В тексте автореферата не приведено аналитическое выражение для коэффициента  $K_v$  схемы, представленной на рисунке 1, что не позволяет в полной мере оценить адекватность математической модели двигателя.
- 3) В автореферате приведены уравнения математической модели НПА на основе «известных модели кинематики НПА и выражений гидродинамических и гидростатических сил и моментов». Однако уравнения представляют собой уравнения динамики НПА и не учитывают кинематических связей между параметрами.
- 4) В автореферате указано, что при разработке математической модели НПА пренебрегли инерционностью измерительных устройств. Однако, при реализации ПИД – регулятора необходимо дифференцировать данные с датчика глубины. Достаточно часто для получения скорости движения НПА по глубине, необходима фильтрация, чтобы уменьшить влияние высокочастотных составляющих сигнала. Не ясно сохранится ли работоспособность регулятора при добавлении фильтров в дифференцирующую ветвь.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей ценности работы.

Исходя из представленных в автореферате сведений, диссертационная работа представляет собой научно-квалификационную работу, в которой, на основании выполненных автором исследований, разработаны и представлены новые научно-обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Хожаев Иван Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статика.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

**Вельтищев Вадим Викторович,**

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Подводные роботы и аппараты» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Почтовый адрес: 105005, ул. 2-я Бауманская, д.5, стр.1

Телефон: +7-495-263-61-15

Электронная почта: [vvv@bmstu.ru](mailto:vvv@bmstu.ru)

Дата составления отзыва 27 ноября 2023 г.

Подпись заверяю,

**Калугин Владимир Тимофеевич,** доктор технических наук, профессор, руководитель НУК «Специальное машиностроение», декан факультета «Специальное машиностроение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».