

**Отзыв научного консультанта  
о соискателе ученой степени доктора технических наук Шмалько Е.Ю.,  
представляющей диссертацию по теме «Принцип синтезированного оптимального  
управления в робототехнических системах»**

Шмалько Е.Ю. работает под руководством научного консультанта в ВЦ РАН, а затем в ФИЦ ИУ РАН с 2010 г. с момента защиты своей кандидатской диссертации по теме «Разработка и исследование метода сетевого оператора в задаче синтеза системы управления спуском космического аппарата». Ранее Шмалько Е.Ю. училась в аспирантуре Российского университета дружбы народов на кафедре Кибернетики и мехатроники Инженерного факультета РУДН так же под руководством научного консультанта, под руководством которого еще ранее были ей подготовлены и успешно защищены выпускная работа бакалавра и магистерская диссертация.

Основная тема исследований, проводимых научным консультантом совместно с его учениками за последние десятилетия – это разработка численных методов для решения задач управления. Актуальность этой темы определяется тем, что востребованность создания систем автоматического управления растет с каждым годом и, не смотря на огромные усилия и большое количество проводимых исследований, специалистами в области управления и прикладными математиками, так и не были созданы эффективные численные методы и универсальные пакеты программ для решения основных задач теории управления, задачи оптимального управления и задачи синтеза управления. Системы автоматического управления для любых устройств в подавляющем большинстве случаев создаются вручную. А вычислительные методы применяются в основном для настройки некоторых параметров уже созданных систем управления. Ситуация не изменилась с бурным развитием вычислительной техники и технологии и с появлением нового технологического вызова – робототехнических комплексов и искусственного интеллекта. В настоящий период практически все системы управления робототехническими комплексами представляют собой вычислительные программы, работающие на процессоре объекта управления. Разработчик системы управления пишет программу для функционирования объекта управления. Несмотря на то, что сейчас для ускорения процесса разработки систем управления используются огромные базы данных уже готовых программ, которые используют и модифицируют разработчики систем управления, процесс создания систем автоматического управления робототехническими комплексами сегодня занимает гораздо больше времени, чем создание самих робототехнических комплексов. Здесь также следует указать, что при создании систем управления робототехническими комплексами сегодня практически не используются формулировки классических задач управления, задачи оптимального управления и задачи синтеза управления, очевидно из-за отсутствия эффективных численных методов их решения, что также не способствует развитию этого направления.

Диссертация Шмалько Е.Ю. посвящена решению задачи оптимального управления, причем решение этой задачи должно быть непосредственно реализовано в робототехническом комплексе, для которого эта задача формулировалась. Специалистам в области управления известно, что задача оптимального управления в классической постановке требует нахождения функции управления, как функции времени, которая не может быть непосредственно реализована в объекте управления, поэтому часто решение этой задачи называют поиском программного управления. Далее считается, что для реализации решения задачи оптимального управления необходимо построение системы стабилизации движения объекта по оптимальной траектории, которая получается, если промоделировать объект управления с найденным программным оптимальным управлением. Для реализации системы стабилизации движения объекта по программной траектории необходимо решать задачу синтеза управления и искать управление как функцию отклонения вектора состояния объекта управления от программной траектории.



Очевидно, что в реальных робототехнических устройствах такой подход используется редко.

Диссертационные исследования Шмалько Е.Ю. посвящены разработке такого метода решения задачи оптимального управления, чтобы в результате получить функцию управления, непосредственно реализуемую на объекте управления, при этом максимально автоматизировать процесс конструирования этой функции управления. Поскольку этапы разработанного диссертантом метода могут быть реализованы различными способами, то разработанный ею метод назван принципом.

В процессе исследований Шмалько Е.Ю. необходимо было установить свойства реализуемости моделей систем управления и объяснить, почему одни математические модели, полученные при замене вектора управления на функцию управления, являются реализуемыми, а другие нет. При работе в данном направлении Шмалько Е.Ю., на основе исследования процесса создания систем управления робототехнических комплексов инженерами разработчиками, обнаружила, что практически всегда реальные разработчики перед созданием систем управления для решения функциональных задач делают объект управления устойчивым относительно некоторой точки в пространстве состояний, а уже затем занимаются разработкой систем функционального управления. В работе Шмалько Е.Ю. была определена причина этого явления и предложен метод синтезированного управления, который при дальнейших исследованиях был сформулирован как принцип. Наличие точки устойчивого равновесия является одним из способов обеспечения свойства реализуемости систем управления. Реализация принципа включает два этапа, первоначально объект управления делается устойчивым относительно точки равновесия в пространстве состояний, для обеспечения свойства реализуемости системы управления, а затем уже решаются задачи управления, в том числе и задача оптимального управления.

Для решения задач при реализации принципа синтезированного управления Шмалько Е.Ю. предложено использовать современные мета-эвристические вычислительные методы, в которых она является специалистом. В диссертации Шмалько Е.Ю. предложено использовать методы символьной регрессии для решения задачи синтеза управления при обеспечении устойчивости объекта управления относительно точки в пространстве состояний, и эволюционные алгоритмы при решении задачи оптимального управления, которая в практических случаях с фазовыми ограничениями относится к классу задач глобальной оптимизации.

Высокая научная квалификация Шмалько Е.Ю. подтверждается ее большим количеством научных работ, опубликованных в изданиях высокого уровня, среди которых особо следует отметить публикацию в журнале IEEE Transactions on Cybernetics с H-индексом 162 и импакт-фактором (sjr) 5.37, а также большим количеством выступлений на международных конференциях по управлению и робототехнике.

Г.н.с. ФИЦ ИУ РАН, д.т.н., профессор

*А.И. Дивеев*  
22.05.2024

/А.И. Дивеев/

*Подпись А.И. Дивеева заверено.*

*Заместитель директора  
по научной работе*



*Р.В. Рязановский*