

О Т З Ы В

члена диссертационного совета на диссертацию **ВАН Хонбо**

на тему «**Практическое применение оптимизационного подхода**

в задачах управление морскими судами»,

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук

по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка

информации (по прикладной математике и процессам управления)

Актуальность темы, теоретическая и практическая значимость

Диссертационное исследование Ван Хонбо связано с комплексом вопросов, относящихся к сфере моделирования, анализа и синтеза систем управления морскими судами. Эта проблематика весьма широко освещена в научных публикациях за последние десятилетия, тем не менее, постоянно выходят в свет новые статьи и монографии. С одной стороны, это свидетельствует о существовании проблем, которые не изучены исчерпывающим образом, а с другой – о необходимости учета новых возможностей в применении вычислительной техники на базе постоянно развивающихся компьютерных технологий.

В центре внимания автора диссертации находится идеология оптимизационного подхода, который применяется для синтеза обратных связей (регуляторов) с многоцелевой структурой. В отличие от многих известных методов в рамках данного направления, использование такой структуры позволяет учесть обширную совокупность динамических требований, предъявляемых к замкнутой системе управления. Это соответствует многорежимности функционирования морских систем в связи с многообразием и существенными вариациями условий плавания.

Мотивация к выполнению работы порождается определенными недостатками известных методов в рамках данного подхода. Наиболее существенным из них является потребность в наличии значительных вычислительных ресурсов для решения оптимизационных задач. Это крайне затрудняет оптимальную перенастройку законов управления на борту, поскольку бортовые компьютеры, как правило, не обладают высокой мощностью.

Теоретическая значимость проводимых исследований по данному направлению определяется разработкой новых инженерных методов синтеза законов многоцелевого управления морскими судами для обеспечения желаемого динамического качества. Особый вес имеет разработка простых расчетных алгоритмов для настройки элементов многоцелевых структур, не предъявляющих высоких требований к вычислительным ресурсам.

Практическая ценность подхода состоит в том, что указанные методы исходно ориентируются на решение широко используемых содержательных задач с учетом возможностей непосредственного применения их решений на

борту в ходе плавания. При этом вычислительная простота предлагаемых методов и приемов позволяет существенно повысить эффективность синтезируемых систем в рамках концепции многоцелевого синтеза законов управления движением.

С учетом указанного выше, тема диссертационного исследования представляется исключительно актуальной, совокупность рассматриваемых теоретических вопросов – значимой, а практическая направленность работы – несомненной.

Научная новизна результатов диссертационной работы

В диссертации представлены следующие новые положения и прикладные решения, выносимые на защиту, развивающие теорию автоматического управления движением морских судов:

1. Развита методология применения оптимизационного подхода для динамической коррекции многоцелевых законов управления морскими судами с возможностью перенастройки на борту.

2. Разработаны методы и расчетные алгоритмы синтеза динамических фильтров в многоцелевых законах управления для автопилотов, функционирующих в условиях морского волнения.

3. Разработаны расчетные алгоритмы синтеза динамических компенсаторов для многоцелевых законов управления в системах успокоения бортовой качки морских судов.

4. Исследованы вопросы построения систем, автоматизирующих прокладку маршрутов движения морских судов на трансокеанских переходах. Разработаны расчетные алгоритмы прокладки, базирующиеся на применении оптимизационного подхода.

Достоверность и степень обоснованности

Указанные результаты в диссертационной работе получили должное обоснование. Все теоретические положения, как вспомогательного, так и основного характера базируется на соответствующих математических моделях. Необходимые преобразования этих моделей и обоснование разработанных автором алгоритмов выполнено на хорошем математическом уровне с вполне достаточной для инженерного исследования мерой строгости.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием достаточно строгих математических приемов, обсуждением результатов численного моделирования, сопоставимостью этих результатов с трудами других исследователей. Последнее обстоятельство связано с многочисленными докладами по теме работы, выполненными на международных научных конференциях.

Структура и основные результаты работы

Диссертация изложена на 145 страницах и состоит из введения, трех глав и заключения. Приводится также список литературы, включающий 92 наименования.

Укажем основные вопросы диссертационного исследования, которые представляются наиболее интересными и значимыми.

В первой главе, прежде всего, вводятся в рассмотрение математические модели судна, измерителей и приводов рулей, которые далее используются в качестве исходных данных при синтезе законов управления морских автопилотов и систем успокоения качки. Однако центральным здесь является формализованное описание структуры многоцелевых законов управления с варьируемыми элементами, подлежащими настройке.

Далее автор разрабатывает новый, весьма оригинальный расчетный алгоритм поиска приближенного оптимального корректора-фильтра, который достаточно прост для реализации на борту.

Вторым результатом, заслуживающим особого одобрения, является сформированный Ван Хонбо простой расчетный алгоритм настройки корректора, базирующийся на теории H_{∞} -оптимизации. Он применим для ситуации с неопределенностью параметров морского волнения, когда ставится и решается задача о построении гарантирующего закона управления с многоцелевой структурой.

И, наконец, третий важный результат представлен в виде алгоритма для поиска коэффициентов базового закона управления в составе многоцелевой структуры. Этот алгоритм позволяет решать задачу нелинейного синтеза с использованием метода линеаризации обратной связью и с применением идеологии LQR-оптимизации.

Содержание **второй главы** отражает исследования автора по методам синтеза и по разработке алгоритмов управления успокоителями качки судов на морском волнении. Вначале Ван Хонбо вводит в рассмотрение математические модели динамики судна по крену в двух вариантах: локальном и координированном. Второй из них описывает боковое движение по курсу и крену одновременно. Обе модели используют в практике создания систем успокоения качки.

Для наиболее простой локальной модели разработан расчетный алгоритм синтеза приближенно оптимального динамического корректора для среднеквадратичного функционала. При этом оригинально решается вопрос о задании интенсивности функционирования рулей.

Рассматривается также и вопрос о координированном управлении курсом и креном с одновременным использованием вертикальных и бортовых рулей. Автором разработан алгоритм численного поиска приближенно оптимальной передаточной матрицы корректора, работающего в режиме фильтра или

компенсатора с заданной мерой интенсивности работы вертикальных и бортовых рулей.

В третьей главе диссертации детально исследуются вопросы, связанные с автоматизацией формирования маршрутов для морских транспортных судов (типа контейнеровозов), выполняющих переходы на расстояния порядка нескольких тысяч километров. Относительно большое время переходов определяет необходимость в учете прогноза погодных условий, которые существенно влияют на безопасность экономичность плавания. Основное достоинство данной главы состоит в постановке и решении формализованных задач о минимизации критериев качества движения (длительность, экономичность) на множестве допустимых маршрутов с учетом всех ограничений.

В результате проведения исследований разработана эффективная алгоритмическая поддержка автоматизации формирования маршрутов. Автор выделяет две ее части: алгоритмы поиска допустимых маршрутов и алгоритмы их оптимизации. Разработаны модификации алгоритма изохрон и метода поиска A*, и на их основе сформулирован алгоритм построения квазиоптимальных маршрутов. Особо значимым представляется разработанный в качестве альтернативы адаптированный генетический алгоритм оптимизации.

Применение всех разработанных алгоритмов в работе иллюстрируется конкретными практическими примерами.

Замечания по диссертационной работе

Наряду с отмеченными достижениями, которые представляются наиболее значимыми, по содержанию диссертации необходимо сделать следующие замечания:

1. Связанные с судном подвижные системы координат, которые используются в главах 1 и 2, имеют различную ориентацию осей, причем во второй главе принят стандартный для теоретической механики вариант. По этому поводу следовало бы дать соответствующий комментарий.

2. Материал работы по предложенному автором генетическому алгоритму оптимизации маршрутов, с одной стороны, перегружен введением известных определений, а с другой – требует некоторых дополнительных пояснений по технике применения и по сопоставимости с иными оптимизационными подходами.

3. В целом работа достаточно хорошо оформлена, однако имеются и отдельные погрешности в тексте, определяемые пропусками или повторениями слов, неверными падежными окончаниями и т.д.

Заключение

Оценивая диссертацию в целом, несмотря на сделанные замечания, следует признать, что она представляет собой завершенный научный труд,

результаты которого являются новыми, имеющими существенную теоретическую и практическую значимость. Все положения, выносимые на защиту, в достаточной мере обоснованы: основные из них сформулированы в виде расчетных алгоритмов, работоспособность и эффективность которых подтверждена практическими примерами.

Изложенное позволяет трактовать диссертационное исследование Ван Хонбо как существенный вклад в развитие инженерных методов и расчетных алгоритмов теории управления движением морских судов.

Список опубликованных работ по теме исследования содержит 34 наименований, среди которых 2 статьи опубликованы в журналах, входящих в Перечень ВАК рецензируемых научных изданий, а также 17 статей опубликованы в изданиях, индексируемых базами Web of Science CC и Scopus. Все опубликованные работы связаны с центральными вопросами, рассмотренными в диссертации, её аprobация, судя по количеству и уровню конференций, на которых докладывались основные результаты, полученные при участии Ван Хонбо, представляется весьма впечатляющей.

Диссертация Ван Хонбо на тему «Практическое применение оптимизационного подхода в задачах управление морскими судами» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Ван Хонбо заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по прикладной математике и процессам управления).

Председатель диссертационного совета,
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий Кафедрой моделирования
электромеханических и компьютерных систем
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет»



Н.В. Егоров

3 мая 2018 г.

Егоров Николай Васильевич
198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский пр., д. 35.
Тел.: +7(911) 770-78-21
E-mail: n.v.egorov@spbu.ru