

ОТЗЫВ
члена диссертационного совета на диссертацию
ВАН Хонбо
на тему «**Практическое применение оптимизационного подхода в задачах управления 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)

Диссертационная работа посвящена актуальной проблематике – задачам аналитического исследования и проектирования систем автоматического управления движением морских судов. Научные работы в этой области имеют огромное прикладное значение, так как связаны с вопросами повышения эффективности, качества, надежности, экономичности и безопасности эксплуатации морских судов, расширением возможностей их функционирования.

В настоящее время особое значение уделяется рассмотрению вопросов управления в режиме реального времени, что связано с повсеместным использованием средств вычислительной техники на этапах математического моделирования, синтеза законов управления, проведения вычислительных экспериментов в процессе бортовой реализации. Значимость этих вопросов в прикладном аспекте крайне существенна, так как вычислительные и энергетические ресурсы морских судов, как правило, ограничены. Данное обстоятельство определяет актуальность разработки таких расчетных методов и алгоритмов анализа и синтеза, которые не требуют существенных вычислительных затрат.

В современной теории управления существуют различные подходы к решению задач синтеза обратных связей для подвижных объектов. Среди них особую роль играют аналитические методы на основе идеологии оптимизации. Их значимость в аспекте рассматриваемых задач определяется тем, что, с одной стороны, на практике требуется достижение высокого качества процессов управления судами. Однако, с другой стороны, если формальные требования к оптимальности управления и не предъявляются непосредственно, они могут быть использованы косвенно для формирования рабочих инструментов синтеза.

Следует специально отметить, что практические условия плавания современных морских судов отличаются многорежимностью, наличием обширного комплекса предъявляемых динамических требований, которые зачастую имеют противоречивый характер. В связи с этим, несомненно, значимыми являются исследования, направленные на развитие инженерных расчетных методов синтеза законов управления с многоцелевой направленностью, а также алгоритмов адаптивной перенастройки этих законов в режиме реального времени. Такая перенастройка может существенно повысить качество процессов управления в замкнутой системе.

Представляет существенный интерес предметная привязка отмеченных выше вопросов к формированию таких конкретных систем управления

движением, как авторулевые, успокоители бортовой качки и системы автоматизации построения маршрутов движения судов.

В связи с отмеченными обстоятельствами, актуальность диссертационной работы Ван Хонбо обусловлена необходимостью разработки новых легко реализуемых инженерных методов анализа и синтеза законов управления для эффективного функционирования морских судов в различных режимах плавания с учетом наличия комплекса ограничений и совокупности требований, предъявляемых к замкнутой системе.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 145 страниц.

В первой главе рассмотрены вопросы многоцелевого управления курсом судов с помощью морских автопилотов. Предварительно введены математические модели судна как объекта управления. Однако центральное внимание уделено формализованному описанию многоцелевой структуры законов управления с варьируемыми элементами, подлежащими поиску при настройке.

Весьма значимым представляется предложенный автором метод синтеза динамического корректора для экономичного режим движения на волнении, а также оригинальный расчетный алгоритм поиска приближенного оптимального решения, который достаточно прост для реализации на борту.

Поскольку в практических ситуациях параметры морского волнения точно никогда не известны, автор ставит и решает задачу о гарантирующей настройке корректора вне зависимости от конкретной реализации спектра возмущения. Предлагается достаточно легко реализуемый расчетный алгоритм настройки на базе идей H_∞ -оптимизации.

Заслуживает особого внимания разработка простого расчетного алгоритма поиска базового закона управления для многоцелевой структуры. Здесь автор не ограничивается линейной теорией, и использует нелинейную модель объекта, пользуясь известной схемой линеаризации с помощью обратной связи.

Вторая глава диссертации представляет результаты исследований по аналитическому проектированию и числовому расчету законов успокоения качки судов на морском волнении. Этот вопрос рассматривается в двух вариантах: локальное управление креном без связи с автопилотом, а также координированное управление движением по курсу и крену одновременно.

Для наиболее простой модели локального управления автор разрабатывает расчетный алгоритм синтеза приближенного оптимального динамического корректора, базирующийся на теории среднеквадратичной оптимизации, допускающий легкую реализацию на борту.

Наибольший интерес представляют результаты, полученные для варианта координированного управления курсом и креном с одновременным использованием вертикальных и бортовых рулей. Здесь разработан алгоритм численного поиска приближенно оптимальной передаточной матрицы

корректора, работающего в режиме фильтра или компенсатора с заданной судоводителем мерой интенсивности работы вертикальных и бортовых рулей.

В третьей главе исследуются вопросы автоматического формирования маршрутов трансокеанских переходов для морских судов. Здесь обращает на себя внимание учет прогноза погодных условий и собственной динамики судна, помимо общепринятой идеологии обхода статических препятствий, заданных на карте. В качестве основы принимается оптимизационный подход для достижения минимума расхода топлива или времени перехода.

Разработана эффективная алгоритмическая поддержка для решения соответствующих задач, которая разделена на две части: алгоритмы поиска допустимых маршрутов и алгоритмы их оптимизации. Разработаны модификации алгоритма изохрон и метода поиска A*, на их основе сформулирован алгоритм поиска квазиоптимальных маршрутов. В качестве альтернативы для поиска маршрута предложен адаптированный генетический алгоритм.

В каждой главе работы приведены результаты имитационного моделирования, подтверждающие работоспособность и эффективность разработанных методов и вычислительных алгоритмов.

Научная новизна и теоретическая значимость диссертации определяется новыми разработанными и обоснованными методами анализа и синтеза многоцелевых законов управления движением морских судов. Особое внимание в работе уделяется развитию теоретических основ и формированию новых инженерных расчетных методов синтеза обратных связей с многоцелевой структурой. В качестве базы принят оптимизационный подход и предложена новая методология его применения для конкретных морских систем, позволяющая упростить алгоритмы оптимизации со сведением их к перебору на конечных сетках параметров.

Разработаны новые методы синтеза динамических корректоров и алгоритмы, позволяющие выполнять бортовую перенастройку законов управления в зависимости от конкретных условий плавания. Теоретическим результатом диссертации является развитие оптимизационной идеологии для формирования маршрутов движения морских судов на трансокеанских переходах.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанные автором методы и расчетные алгоритмы изначально ориентированы на решение практических задач эффективного управления движением морских судов в различных режимах плавания. Особое внимание удалено снижению вычислительных затрат предлагаемых методов и алгоритмов, что позволило повысить эффективность решения практических задач в рамках концепции многоцелевого синтеза законов управления движением. В тексте диссертации приведено достаточное количество примеров, иллюстрирующих эффективность и применимость разработанных

автором методов к решению прикладных задач управления морскими судами различных типов.

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов диссертации определяется применением строгих математических преобразований и выкладок для обоснования всех представленных в работе расчетных методов, апробацией результатов, полученных в диссертации, на всероссийских и международных научных конференциях, публикациями в рецензируемых отечественных и зарубежных научных изданиях, а также успешным использованием результатов диссертации в реальном исследовании и проектировании систем управления морскими судами.

Диссертация аккуратно оформлена, ее текст хорошо отредактирован, все полученные результаты обоснованы и соответствуют высокому научному уровню. В то же время работа не лишена и некоторых недостатков.

Основные замечания по диссертационной работе состоят в следующем:

1. В параграфе 1.4 предложен алгоритм синтеза базового регулятора, который осуществляется для упрощенной нелинейной модели динамики судна. При этом нелинейность фактически компенсируется обратной связью. Однако возникает естественный вопрос о том, насколько существенны неточности в задании компенсируемой нелинейности. Этот вопрос не отражен в работе.

2. Одним из вычислительных подходов, примененных автором для построения маршрутов движения судов на трансокеанских переходах, является генетический алгоритм оптимизации. Хотелось бы видеть более детальное, чем представлено в диссертации, сравнение вычислительных затрат на его реализацию с другими методами.

3. В главах 1 и 2 при изложении алгоритмов настройки корректора в составе многоцелевой структуры было бы полезно построить блок-схему, наглядно иллюстрирующую ход выполнения алгоритма, по аналогии с главой 3.

Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы в целом.

Представленная Ван Хонбо диссертация на тему «Практическое применение оптимизационного подхода в задачах управление морскими судами» является завершенным научным исследованием, выполненным на высоком научном уровне. Совокупность полученных в работе результатов можно квалифицировать как существенный вклад в развитие инженерных методов исследования и проектирования систем управления подвижными объектами.

На основании изложенного считаю, что диссертация Ван Хонбо на тему «Практическое применении оптимизационного подхода в задачах управление морскими судами» соответствует основным требованиям, установленным Приказом № 6821/1 от 01.09.2016 «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).

Член диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор,
ведущий научный сотрудник лаборатории №68,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук.

Ульянов М.В.

4 июня 2018 г.

Ульянов Михаил Васильевич
117997, г. Москва ул. Профсоюзная, д. 65
E-mail: muljanov@mail.ru

