

На правах рукописи

АЛИМБЕКОВ АЗАТ ЛИЕРОВИЧ

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ
ИХ ТОЧНОСТИ**

Специальность 05.11.16

**Информационно-измерительные и управляющие системы
(в промышленности и медицине)**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Уфа 2008

Работа выполнена
в Уфимском государственном авиационном техническом университете
на кафедре автоматизированных систем управления

Научный руководитель

д-р техн. наук, проф. *Куликов Геннадий Григорьевич*

Официальные оппоненты:

д-р техн. наук, проф. *Заико Александр Иванович*

д-р техн. наук, проф. *Романченко Анатолий Федорович*

Ведущее предприятие – *ФГУП НКТБ «Вихрь»*(г. Уфа)

Защита диссертации состоится “ ___ ” _____ 2008 г. в “ ___ ” часов
на заседании диссертационного совета Д-212.288.02
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан “ ___ ” _____ 2008 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

д-р техн. наук, проф.

Г.Н. Утляков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и перспективность. Одним из наиболее важных звеньев управления движением водных, наземных и воздушных объектов является навигационная система (НС), которая предназначена для определения местоположения и параметров движения в каждый момент времени. Информационно-измерительная система (ИИС) для определения параметров движения является основной составной частью НС.

Необходимым условием автоматизации управления судами является обеспечение непрерывности отсчета географических координат. Она может быть выполнена путем применения инерциальной навигационной системы (ИНС), но ее использование ведет к усложнению структуры НС, а также к увеличению потребляемой мощности, веса и объема. Другим, более простым способом обеспечения непрерывности является курсо-скоростное счисление координат. Элементы счисления (компас и лаг) устанавливаются на все суда в обязательном порядке в соответствии с рекомендациями Морского Регистра судоходства. Однако этот канал счисления имеет неудовлетворительную точность из-за влияния возмущающих факторов, таких как, например, качка для показаний магнитного курса и изменение проводимости забортной воды для скорости.

Для обеспечения требуемой надежности каналов определения местоположения необходимо производить резервирование навигационной аппаратуры и комплексировать резервированные каналы, основанные на разных физических принципах. Таким образом, эффективным способом получения непрерывности отсчета с приемлемой точностью является резервирование возмущающих воздействий, что позволит довести канал курсо-скоростного счисления до заданных требований.

Спутниковые навигационные системы (СНС) в большой степени отягощены случайными погрешностями. Кроме того, все СНС являются радиосистемами, поэтому сильно уязвимы для радиопомех, в связи с чем необходимо комплексировать приемники СНС с другими навигационными приборами.

Развитие современных средств судовождения происходит в направлении интеграции имеющихся каналов счисления координат, то есть совмещения разнородных навигационных устройств в единую систему с эффективным человеко-машинным интерфейсом.

В последнее время остро встал вопрос о повышении экономической эффективности морских перевозок, снижения затрат на обслуживание судов и, прежде всего, экономии топлива.

Вопросами создания судовых и авиационных навигационных систем занимались ученые А.А. Сосновский, И.А. Хаймович, Г.Ф. Молоканов, В.В. Козарук, Д.П. Лукьянов, В.С. Фролов, В.Т. Бородин, Г.И. Рыльский и др.

Можно выделить следующие проблемы для современных НС:

1) невозможность применения канала курсо-скоростного счисления, являющегося резервным, в качестве равноценного канала при комплексировании из-за действия внешних возмущений на показания (это, прежде всего, качка и изменение проводимости заборной воды);

2) необходимость комплексной автоматизации судовождения.

Содержанием работы является разработка эффективных алгоритмов повышения точности ИИС, с целью повышения эффективности судовождения за счет комплексирования каналов определения местоположения.

Таким образом, данная работа имеет важное народно-хозяйственное значение.

Целью диссертационной работы является определение требований к ИИС судовождения и обеспечение функционирования системы курсо-скоростного счисления с погрешностью, которая позволит использовать ее в качестве равноценного канала при комплексировании в многоканальную систему с деградацией и с учетом расхода топлива.

Задачи исследования. Для достижения цели работы поставлены и решены следующие задачи:

- разработка методики уменьшения погрешности канала курсо-скоростного счисления;
- исследование требований по точности к ИИС судовождения на базе методик уменьшения погрешностей канала определения местоположения и разработка новых технических решений;
- разработка методики комплексирования каналов определения местоположения и модели поведения оператора в многоканальной системе.

Методы исследования. Полученные автором результаты базируются на теории движения судна, использовании теории измерений, методов физического, имитационного и математического моделирования.

На защиту выносятся:

- методика обработки измерений магнитного курса на основе фильтрации с привлечением информации о крене;
- методика обработки сигналов синусно-косинусных датчиков при измерении магнитного курса для увеличения точности измерений за счёт снижения дисперсии измеренных значений параметров путем фиксации предельных режимов функционирования и блокирования соответствующих им значений курса;

- методика обработки измерений скорости и коррекции показаний лага по СНС;
- методика комплексирования потоков информации при совмещении каналов счисления координат, основанных на разных физических принципах.

Научная новизна решения поставленных задач заключается в следующем:

1) разработана методика уменьшения погрешности измерения магнитного курса на основе применения адаптивного фильтра, отличающаяся от других решений привлечением информации о крене;

2) разработана методика снижения дисперсии измеренных значений параметров, а также обеспечения возможности защиты преобразователей с синусно-косинусными датчиками при коротких замыканиях и обрывах в их электрических цепях, отличающаяся от других решений применением сравнения сигналов с опорными значениями;

3) разработана методика уменьшения погрешности измерения относительной скорости, отличающаяся от других решений введением контроля, учета проводимости забортной воды и коррекции показаний скорости на основе вычисления поправочных коэффициентов по СНС;

4) разработана методика комплексирования каналов определения местоположения в многоканальной системе, отличающаяся наличием модели деградации сигналов с учетом использования резервного канала курсо-скоростного счисления.

Практическая ценность. Практическую ценность разработанной навигационной системы судовождения составляют:

1) алгоритмы автоматизированного управления движением судна по траектории с оптимизацией по требуемому времени достижения цели и экономии топлива;

2) алгоритмы комплексирования навигационной информации и деградации навигационной системы;

3) разработанные аппаратные и программные средства для магнитного компаса КМ-145М и индукционного лага ИЭЛ-3, позволяющие их использование в качестве основного канала судовождения.

Внедрение результатов. Результаты, полученные в работе, внедрены в ЗАО «Катав-Ивановский приборостроительный завод» в виде алгоритмов, используемых в судовом электромагнитном лаге ИЭЛ-3 и магнитном компасе КМ-145М.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях, в том числе Первой всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным

участием "Робототехника, мехатроника и интеллектуальные системы", ТРТУ, г. Таганрог 2005г.; Международной научно-технической конференции "Информационно-вычислительные технологии и их приложения", МНИЦ, г. Пенза, 2005г.; X Международной научной конференции «Решетневские чтения», СибГАУ, Красноярск, 2006 г.; 2-ой региональной зимней школе-семинаре аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальные системы обработки информации и управления», УГАТУ, Уфа, 2007г.; Международной научно-технической конференции «Проблемы автоматизации и управления в технических системах - 2007», ПГУ, Пенза, 2007г.; Всероссийской молодежной научной конференции «Мавлютовские чтения», УГАТУ, Уфа, 2007г.

Публикации. Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 16 работах, в том числе в 3 статьях в изданиях, включенных в список ВАК. Получено 2 патента РФ, 2 свидетельства о регистрации программ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и библиографии. Работа содержит 135 страниц машинописного текста и 100 наименований библиографических источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВО ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность работы, производится сравнительная характеристика применяемых в судовождении навигационных приборов. Дается общая характеристика работы, характеристика новизны и практической значимости полученных результатов.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ проведен анализ существующих ИИС управления водными объектами с указанием их недостатков.

В главе рассмотрены предлагаемые другими авторами способы уменьшения креновой погрешности в показаниях курса. В частности, встраивание в датчик курса устройства для определения крена. Другим методом является физическая стабилизация картушки и датчика компаса. Предложенные методы имеют аппаратную избыточность. В ходе анализа креновой помехи показано, что применение фильтра с частотой среза меньшей, чем частота качки, неприемлемо, поскольку в показаниях курса появляется значительная ошибка, что является недопустимым. Также производится анализ существующего способа определения оставшегося времени для достижения конечного пункта маршрута.

Таким образом, обоснована цель диссертационной работы, заключающаяся в определении требований к ИИС судовождения и обеспечение функционирования системы курсо-скоростного счисления с погрешностью, которая позволит использовать ее в качестве равноценного канала при комплексировании в многоканальную систему с деградацией с учетом расхода топлива.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ приводятся результаты анализа задач, решаемых судовым магнитным компасом, как частью ИИС определения параметров движения, анализ креновой составляющей в показаниях курса. Показано, что для компенсации указанной погрешности можно использовать фильтр с адаптацией, поскольку характеристики и параметры качки могут меняться в зависимости от внешних условий. Предлагается использовать фильтрацию погрешности в канале магнитного курса по адаптивному алгоритму Уидроу-Хоффа (основанном на методе наименьших квадратов при приведении рабочей функции к минимуму), поскольку он является простым в вычислениях и не требует проведения оценки градиента в измерительном канале.

Предлагаемая структура ИИС определения курса показана на рисунке 1.

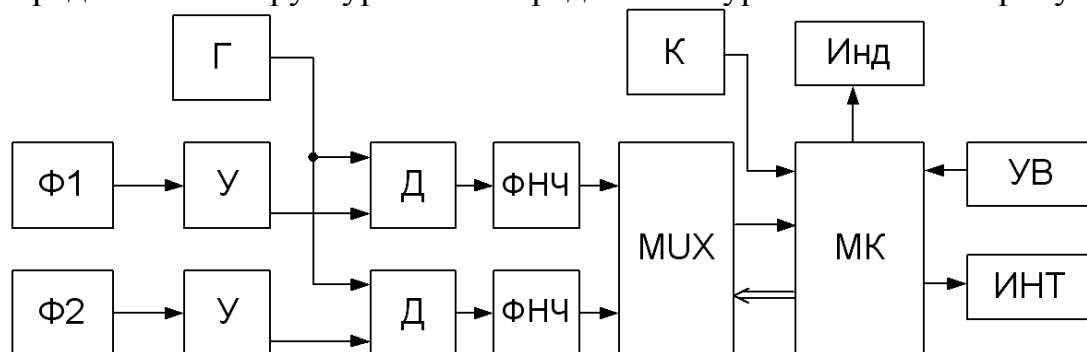


Рисунок 1 – ИИС определения магнитного курса. Ф1, Ф2 – феррозонды, Г – генератор, У – усилитель, Д – детектор, ФНЧ – фильтр низкой частоты, MUX – аналоговый мультиплексор, МК – микроконтроллер, Инд – индикационное устройство, УВ – устройство ввода с клавиатуры, ИНТ – цифровой интерфейс по стандарту NMEA-0183, К – креномер.

В аналитическом виде нерекурсивный фильтр можно представить формулой:

$$y_k = \sum_{j=0}^{N-1} a_{j,k}^* \cdot x_{j-k}, \quad (1)$$

а уравнения настройки коэффициентов этого фильтра будут выглядеть следующим образом:

$$a_{j,k}^* = a_{j,k-1}^* + 2 \cdot \mu \cdot e_k \cdot x_{j-k}, \quad (2)$$

$$e_k = d_k - y_k, \quad (3)$$

где: e_k – сигнал ошибки между сигналом на опорном входе и его оценкой на выходе фильтра, k – номер итерации, N – длина импульсной характеристики или число коэффициентов фильтра, a_k – вектор длины N коэффициентов фильтра на k -й итерации, $\mu > 0$ – коэффициент адаптации, определяющий

качество процесса фильтрации и скорость сходимости итерационного процесса к этому решению.

Как видно из вышеприведенного, реализуется несложная процедура вычислений, которая может быть выполнена микроконтроллером компаса. После вычисления выходного значения фильтра вычислитель выполняет нахождение текущего значения прибавочной коррекционной функции. В результате этой операции вычисляется курс. Далее происходит вычисление значения остаточной девиации, исходя из курса и таблицы девиации. Вся вычисленная информация индицируется и передается по специальным интерфейсам в системы высшего уровня.

В составе алгоритма обработки курса предлагается использовать следующий способ обработки сигналов для увеличения точности измерений магнитного курса за счёт снижения дисперсии измеренных значений параметров:

1. Производят аналого-цифровое преобразование сигналов синусно-косинусных датчиков

$$U_c = U_m \cos \Psi, \quad U_s = U_m \sin \Psi, \quad (4)$$

в результате чего получают цифровые коды

$$N'_c = (U_m \cos \Psi + U_0) \frac{2^N}{V}, \quad N'_s = (U_m \sin \Psi + U_0) \frac{2^N}{V}, \quad (5)$$

где $U_0 = 0,5V$ – смещение сигналов, вводимое при аналоговой обработке с целью определения знаков цифровых кодов, соответствующих сигналам датчиков, N – разрядность используемого аналого-цифрового преобразователя;

2. Определяют значения сигналов датчиков в цифровом виде

$$N_c = N'_c - N_0, \quad N_s = N'_s - N_0, \quad (6)$$

где $N_0 = \frac{U_0}{V} 2^N = 2^{N-1}$;

3. Определяют абсолютные значения сигналов датчиков $|N_c|$, $|N_s|$. Это делается с помощью следующих логических операций:

$$|N_c| = N_c \text{ и } |N_s| = N_s, \text{ если } N_c, N_s > N_0; \quad (7)$$

$$|N_c| = N_0 - N'_c \text{ и } |N_s| = N_0 - N'_s, \text{ если } N_c, N_s < N_0; \quad (8)$$

4. Вводят опорные сигналы M_i и сравнивают абсолютные значения сигналов датчиков (12) со значениями опорных сигналов. При выполнении условий

$$|N_c| \leq M_i, |N_s| \leq M_i \quad (9)$$

определяют режимы работы датчиков, соответствующие опорным сигналам с наименьшим значением. Если ни один из опорных сигналов не удовлетворяет

условиям (7), определяют режим, при котором сигналы датчиков превышают диапазоны входных сигналов аналого-цифровых преобразователей.

Для определения оптимальных режимов работы датчиков значение опорного сигнала выбирают равным $M = 2^{N-1} - (4...8)$, чтобы не сужать диапазоны изменения преобразуемых сигналов. При определении режимов работы датчиков, связанных с появлением недопустимо больших погрешностей измерений, задают наибольшее значение погрешности $\Delta\Psi_m^*$, которое допускается при оптимальных режимах работы, и, исходя из него, определяют значение соответствующего опорного сигнала

$$M = \frac{V}{\Delta\Psi_m^*} 2^{-N}. \quad (10)$$

Работу данного алгоритма поясняет рисунок 2. Для определения отказов, связанных с обрывами и замыканиями в цепях возбуждения датчиков и приводящих к пропаданию сигналов, значения опорных сигналов выбирают равными нескольким единицам младших разрядов используемых цифровых кодов. В частности при $N = 10$ значение опорного сигнала может быть равным $M = (8...16)$.

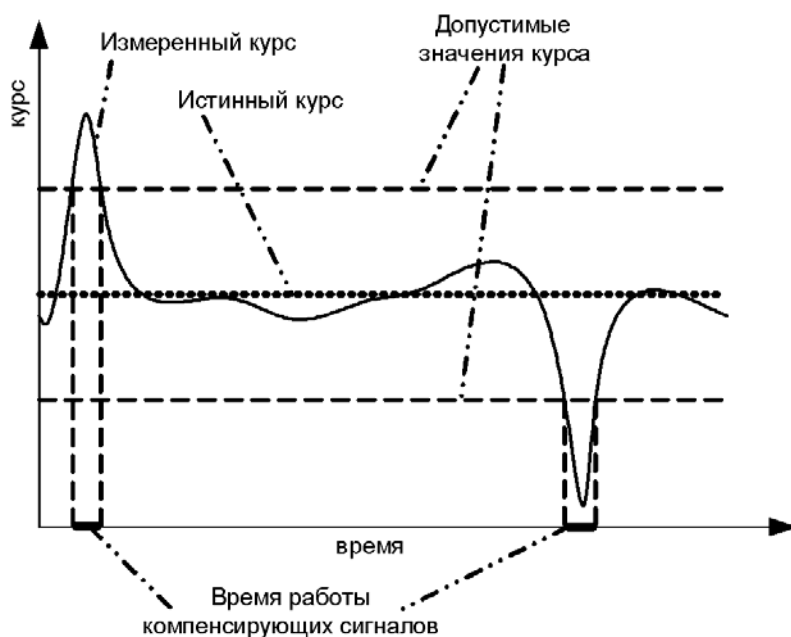


Рисунок 2 – Работа алгоритма обработки курса.

В магнитном компасе, в котором используется описанный способ, сформированы компенсационные сигналы, отражающие текущие режимы работы датчиков и дающие возможность принимать соответствующие решения, а именно: при определении оптимальных режимов работы датчиков использовать поступающую от датчиков измерительную информацию для точного количественного контроля измеряемых параметров; в режимах,

связанных большими погрешностями, использовать измерительную информацию только для качественного контроля параметров; в режимах, связанных с перегрузками на входах аналого-цифровых преобразователей, не производить обработку сигналов датчиков; при определении отказов преобразователей производить отключение от источников питания и проверку устройств. На данный способ получен патент [16].

Одним из основных факторов, ухудшающих точностные характеристики судовых электромагнитных лагов, является изменение проводимости заборной воды со сменой акватории. ИИС определения относительной скорости движения судна показана на рис. 3.

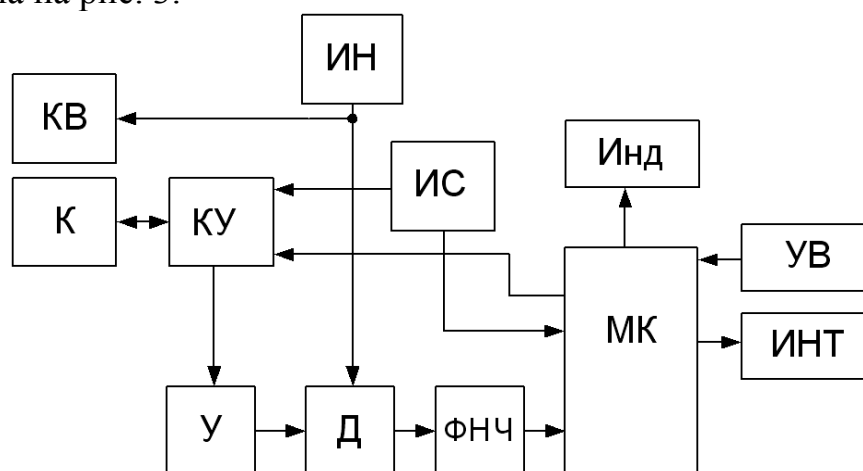


Рисунок 3 – Предложенная ИИС определения относительной скорости.

КВ – катушка возбуждения, ИН-источник напряжения возбуждения, К – контактная группа для съема напряжения, Д – детектор, ФНЧ – фильтр низкой частоты, МК – микроконтроллер, Инд – индикационное устройство, УВ – устройство ввода с клавиатуры, ИНТ – цифровой интерфейс по стандарту NMEA-0183, ИС – измеритель сопротивления, КУ – ключевое устройство.

Предлагается встроить в схему измерения лага подсистему измерения проводимости. Вычисление скорости предлагается производить по следующему алгоритму:

$$V = (I - I_0) \cdot C \cdot NI / S, \quad (11)$$

где V – скорость судна в узлах, I – входной ток усилителя, соответствующий напряжению на контактах датчика лага, I_0 – входной тока первого каскада усилителя, соответствующее нулю усилительной схемы, C – линейный коэффициент преобразования напряжения в скорость. NI – нелинейный коэффициент, который вычисляется из функции, получаемой при тарировке лага на судне, S – коэффициент, учитывающий проводимость воды. Он вычисляется следующим образом:

$$S = G / G_0, \quad (12)$$

где G – текущее значение проводимости воды, G_0 – значение проводимости воды, которое было при операции тарировки.

Предложенный алгоритм является простым для реализации в микроконтроллере и не требует замены датчика. Как показали испытания, математическая обработка по данному алгоритму позволяет значительно уменьшить погрешность в показаниях лага.

Предложена методика уточнения показаний лага при помощи спутниковой навигационной системы. По показаниям СНС возможно производить уточнение показаний скорости, измеренных лагом.

Суть предлагаемого метода состоит в следующем. При наличии в НС данных со спутниковой системы (путевой угол, путевая скорость, географические координаты) и при наличии данных о течении, снятых с картографической системы, возможно определить линейную скорость судна с высокой точностью и откорректировать показания лага.

Из навигационного треугольника скоростей следует:

$$\bar{V} = \bar{W} - \bar{U}, \quad (13)$$

где \bar{V} , \bar{W} , \bar{U} - соответственно векторы линейной, путевой скоростей и скорости течения.

С привлечением данных с компаса о курсе становится возможным определить модуль линейной скорости и ввести корректирующий коэффициент для уточнения скорости. Линейную скорость выразим из геометрических соотношений навигационного треугольника скоростей:

$$V_{СНС} = W \cdot \cos(\PiУ - \psi) + U \cdot \cos(\psi_T - \psi), \quad (14)$$

где ψ_T - направление течения.

Также при обработке показаний скорости предлагается алгоритм перманентной коррекции показаний лага при наличии данных от СНС.

Введем поправочный коэффициент для скорости как отношение вычисленной по показаниям СНС скорости и измеренной лагом:

$$K_V = \frac{V_{СНС}}{V_{лаг}}, \quad (15)$$

Коэффициент будет вычисляться всякий раз при наличии данных от СНС. Таким образом, конечное выражение для определения скорости выглядит как:

$$V = K_V \cdot V_{лаг}^{изм}, \quad (16)$$

где $V_{лаг}^{изм}$ - измеренное лагом значение скорости.

Далее показано, что используемый в настоящий момент алгоритм расчета времени достижения конечного пункта маршрута рассчитывается без учета

возмущающих воздействий, что приводит к значительной ошибке в его оценке. Для уточнения времени прибытия предлагается алгоритм вычисления скорости, требуемой для достижения конечного пункта маршрута вовремя с учетом возмущающих воздействий:

$$V_{mp} = W - U_s = W - U_T \cos \text{УТ} - \frac{U_T^2}{2V} \sin^2 \text{УТ}, \quad (17)$$

где: W – путевая скорость, V – истинная скорость, УТ – угол течения, U_s – эквивалентное течение, U_T – скорость течения.

Используя этот метод, мы можем обеспечить расчет более точного времени прибытия в конечный пункт маршрута. В свою очередь, это позволит выбирать такой режим работы двигателя судна, при котором будет в большей степени использоваться наиболее экономически выгодный участок кривой удельного расхода топлива для данного типа судового двигателя. При наличии вертикального канала навигации мы приходим к четырехмерной системе навигации судна в пространстве. Две координаты в горизонтальной плоскости, измерительный вертикальный канал с обходом препятствий в горизонтальной плоскости и продольный (временной) канал.

Таким образом, может быть предложена следующая структура НС (рисунок 5). Навигационный вычислитель управления выполняет также и функции ведения судна по заданному в системе отображения картографической информации маршруту. Алгоритм его работы приведен ниже. Счисленный магнитный путевой угол вычисляется по формуле (18).

$$\text{МПУ} = \psi_m + \arctg \frac{V_{ly}}{V_{lx}}, \quad (18)$$

где V_{lx}, V_{ly} - соответственно продольная и поперечная составляющая показаний относительного лага, ψ_m - магнитный курс. Дополнительный путевой угол, который определяется поправкой, вносимой течением, определим как

$$\Delta \text{ПУ}_T = \arctg \frac{U_T \cos(\psi_T - \text{МПУ})}{U_T \sin(\psi_T - \text{МПУ})}. \quad (19)$$

Заданный курс для движения по ЛЗП, необходимый для управления направлением движения судна и управления рулями, вычисляется с учетом сноса следующим образом:

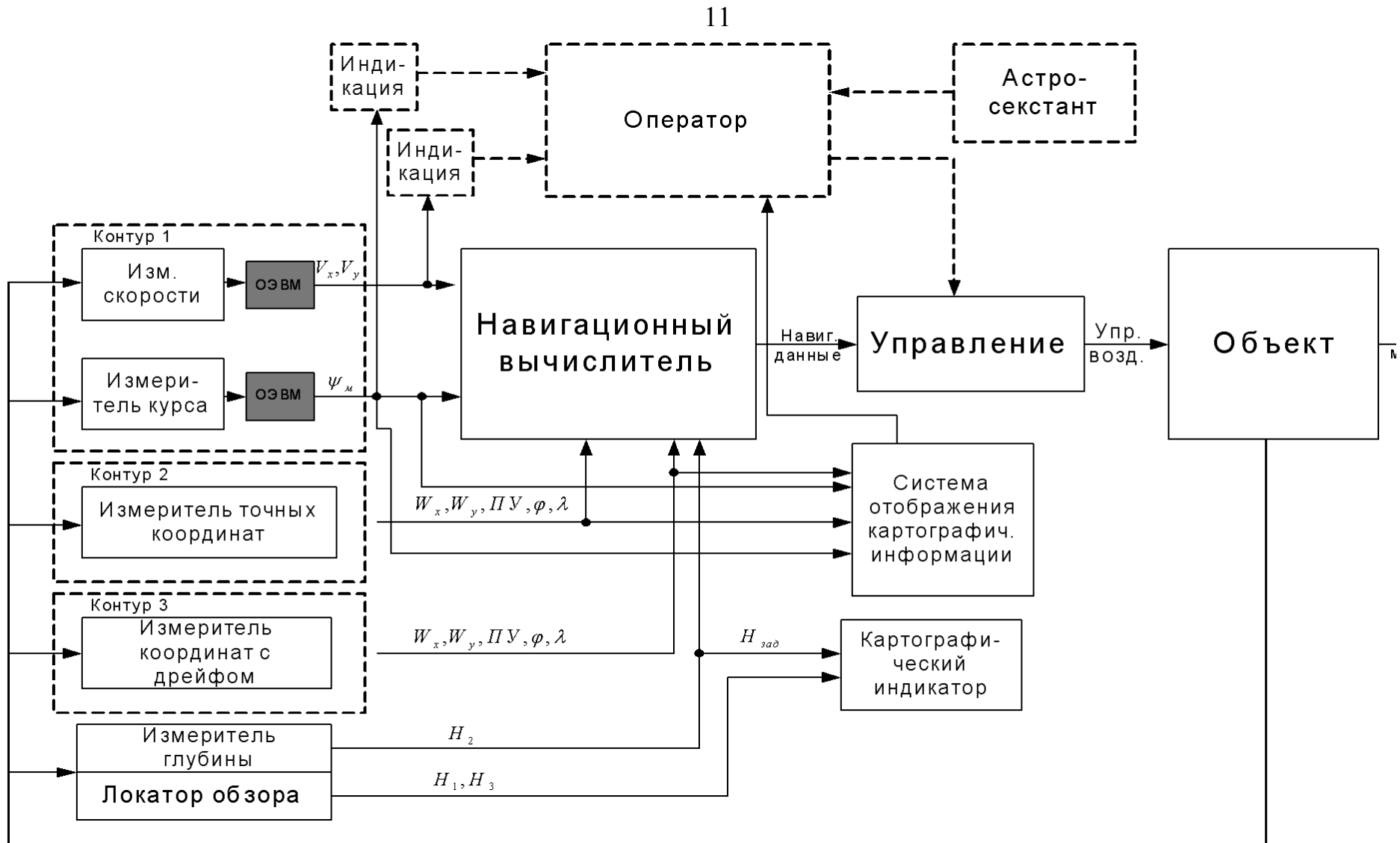


Рисунок 4 – Общая структура судовой навигационной системы

$$\psi_3 = \psi_c - (3МПУ - МПУ), \quad (20)$$

где 3МПУ- заданный МПУ.

Фактический путевой угол будет определяться выражением:

$$ПУ = МПУ + \Delta ПУ_T. \quad (21)$$

Определим модуль путевой скорости через показания лага и скорость течения:

$$W = \sqrt{(V_{lx} + U_{Tx})^2 + (V_{ly} + U_{Ty})^2}, \quad (22)$$

где U_{Tx}, U_{Ty} - продольная и поперечная составляющие скорости течения.

Алгоритм приближения к ЛЗП начинает работать в том случае, если $|\Delta Z| \geq |\Delta Z_{дон}|$, а заданный курс вычисляется по формуле (3.26). Знак перед последним слагаемым зависит от знака ΔZ . Минус ставится в случае, если $\Delta Z > 0$, а если $\Delta Z < 0$, то ставится знак плюс.

$$\psi_3 = \psi_c - (3ПУ - ПУ) + \psi_{\Pi}, \quad (23)$$

где ψ_{Π} - угол подхода к ортодромии.

Найдем изменение координат судна при перемещении по ортодромии и боковое отклонение путем интегрирования проекций скорости на оси координат, связанные с судном:

$$\begin{cases} L = \int_t W \sin(\psi_m - 3МПУ), \\ \Delta Z = \int_t W \cos(\psi_m - 3МПУ). \end{cases} \quad (24)$$

Таким образом, в результате вычислений мы получим перемещение по оси X и боковое отклонение по оси Y, которые мы используем соответственно для управления тягой движителя судна и рулями. Далее описываются модели комплексирования каналов местоопределения. Рассматриваем 3 канала местоопределения (СНС, БИНС, СС). Считаем, что визуальный компас, ручной лаг и астросекстант по аналогии с самолетовождением имеют надежность, близкую к единице.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ производится экспериментальная оценка точности в каналах измерения курса и скорости, влияния погрешности определения курса и скорости на движение судна.

Произведено имитационное моделирование адаптивного алгоритма Уидроу-Хоффа в применении к фильтрации курсовой информации. Получена зависимость степени подавления помех от порядка фильтра.

Таким образом, применение фильтра при качке с периодом, равным 8 секундам, позволило подавить креновую помеху в канале курса в 20 раз.

Получена зависимость степени подавления креновой помехи в канале измерения курса от числа коэффициентов фильтра (рисунок 5). Установлено, что для удовлетворительного подавления данной помехи достаточно иметь фильтр с порядком около 100 коэффициентов.

Рассмотрен эффект от коррекции показаний скорости в зависимости от проводимости воды. Установлено, что остаточная погрешность от изменения проводимости забортной воды при измерении скорости определяется, в основном, погрешностью от конечной разрядной сетки АЦП. Произведена оценка погрешности системы курсо-скоростного счисления при изменении проводимости воды на 20% относительно ее величины при тарировке лага и при средней скорости в 15 узлов. Получено, что за 1 час ее максимальное значение не будет превышать 3 морских миль.

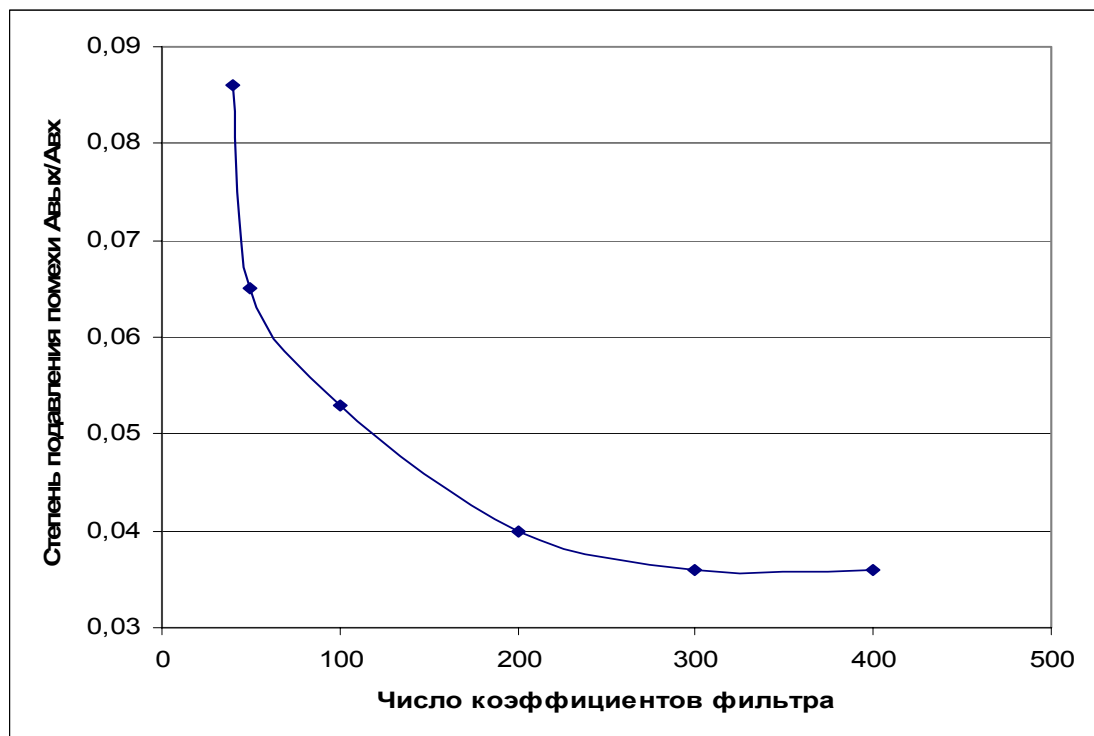


Рисунок 5 – Зависимость степени подавления помех от порядка фильтра

Произведены оценки эффекта экономии топлива и получены следующие результаты.

1. Сокращение длины пути за счет уменьшения погрешности местоопределения в каждой точке движения. Сравнивались погрешности РСДН Logan-C и системы курсо-скоростного счисления. Результаты моделирования следующие: длина пути в результате погрешности системы курсо-скоростного счисления на участке движения составила 0,79 мили, что на 59% меньше, чем при использовании РСДН Logan-C (1,34 мили).

2. Показано, что ошибка при вычислении времени прибытия в конечный пункт с учетом формулы (17) зависит, в основном, от погрешностей определения сноса, которая не превышает нескольких процентов от его величины.

Также приведены результаты успешных ходовых испытаний на катере проекта 1400 войсковой части 9881 Северо-Кавказского Пограничного управления ФСБ России. Таким образом, работоспособность технических решений подтверждена ходовыми и лабораторными испытаниями. Результаты ходовых испытаний при качке до 9° показаны на рисунке 6.

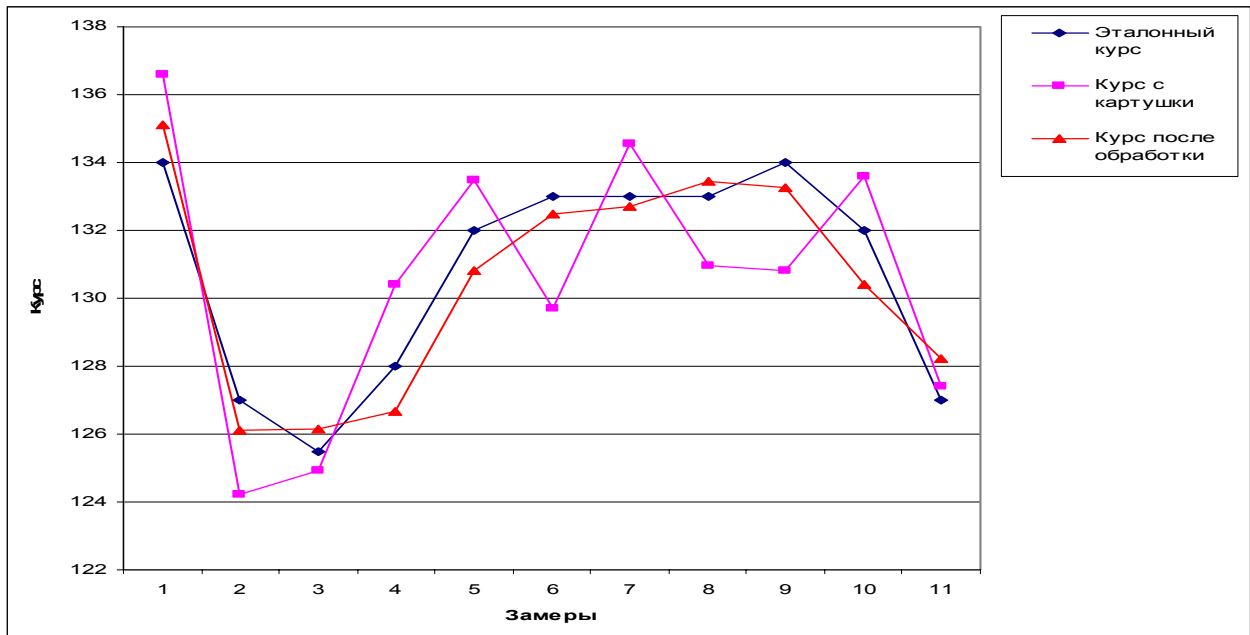


Рисунок 6 – Результаты ходовых испытаний при качке до 9°

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ описывается техническая реализация и внедрение магнитного компаса КМ-145М и электромагнитного лага ИЭЛ-3, при разработке которых применены приведенные алгоритмы коррекции курса и скорости. Результаты работ внедрены в производство на ЗАО «Катав-Ивановский приборостроительный завод».

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

- разработана методика уточнения показаний магнитного компаса на основе адаптивного алгоритма Уидроу-Хоффа, отличающаяся тем, что в качестве опорного сигнала используются показания креномера. Установлено, что ее применение позволяет уменьшить погрешность курса от качки в 20 раз;

- разработана методика обработки сигналов синусно-косинусных датчиков при измерении магнитного курса для увеличения точности измерений за счёт снижения дисперсии измеренных значений параметров путем фиксации предельных режимов функционирования и блокирования соответствующих им значений курса. В рассчитанном примере уменьшение погрешности измерения курса после обработки составило $1,103^\circ$, что при погрешности дистанционной

передачи курса, установленной нормативами суммарной погрешности в 2° составляет 55%.

– предложена методика получения дополнительной информации по возмущающим факторам для повышения точности канала измерения скорости, повышена точность измерения путевой скорости за счет комплексного использования элементов конструкции первичного преобразователя лага и установлен метод коррекции его показаний по показаниям СНС;

– предложена методика комплексирования каналов местоопределения, основанных на различных физических принципах с учетом корректной деградации системы при отказах ее элементов, позволяющий повысить надежность и отказоустойчивость системы определения местоположения судна;

– разработаны новые технические решения, реализованные в судовом магнитном компасе КМ-145М и индукционном электромагнитном лаге ИЭЛ-3.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

В изданиях из перечня ВАК:

1. Метод повышения точности и надежности измерительных систем / **А.Л. Алимбеков, Г.Г. Куликов, Р.И. Алимбеков, П.С. Котенко** // Журнал «Полет» М.: Машиностроение, 2007. №9 – 34-38 с.

2. Алгоритмы цифровой коррекции информационно-измерительных каналов, построенных на основе магнитного компаса и индукционного лага для комплексной системы судовождения / **А.Л. Алимбеков, Г. Г Куликов, П.С. Котенко, Р.И. Алимбеков** // Вестник УГАТУ (Серия Управление, вычислительная техника и информатика).- 2007. Т.9. №5(23). Уфа. С. 9-15.

3. Расчетно-экспериментальный метод компенсации динамической погрешности при магнитном измерении курса судна / **А.Л. Алимбеков, Н.П. Рогатых.** // Вестник УГАТУ.- 2008. . Т.10. №1(26). Уфа. С. 197-204.

В других изданиях:

4. Анализ методов повышения эффективности судовой навигации (на англ. яз) / **А.Л. Алимбеков** // Материалы междунар. конф. Робототехника, мехатроника и интеллектуальные системы. Таганрог: ТРТУ, 2005. – 167-170 с.

5. Устройство измерения относительной скорости судна. Пат. № 2249825, РФ.- МКИ G01 P 5/08 **А.Л.Алимбеков, А.С. Шулаков**, и др. - №2003127315, заявлено 08.09.2003.-Опубл.10.04.2005, Бюл. № 10.

6. Проблема достоверности данных в судовых навигационных системах (на англ. яз) / **А.Л. Алимбеков** // Материалы междунар. конф. Робототехника, мехатроника и интеллектуальные системы. Таганрог: ТРТУ, 2005. – 171-174 с.

7. Компас КМ-145 версия 1.11 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2006613910 / **А.Л. Алимбеков, Г.Г. Куликов, П.С. Котенко, Н.П. Рогатых.**

8. Лаг версия 1.82 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2004611972 / **А.Л. Алимбеков, Р.И. Алимбеков и др.**

9. Обзор математических моделей деятельности оператора в системах управления / **А.Л. Алимбеков** // Сборник материалов международной научно-технической конференции Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2005. – 7-10 с.

10. Анализ деятельности оператора в системе управления / **А.Л. Алимбеков** // Сборник материалов международной научно-технической конференции Информационно-вычислительные технологии и их приложения. Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2005. – 5-7 с.

11. Синтез алгоритмов цифровой фильтрации ошибок судового магнитного компаса / **А.Л. Алимбеков** // Материалы X Международной научной конференции Решетневские чтения. Красноярск, СибГАУ, 2006. – 216 с.

12. Анализ погрешности судовой системы навигационного счисления / **А.Л. Алимбеков** // Материалы X Международной научной конференции Решетневские чтения. Красноярск, СибГАУ, 2006. – 217 с.

13. Метод повышения надежности и точности информационно-измерительных систем управления судовождением на основе оптимальной фильтрации курсовой и скоростной информации / **А.Л. Алимбеков, Г.Г. Куликов, П.С. Котенко** // Интеллектуальные системы обработки информации и управления. Сборник статей 2-ой региональной зимней школы-семинара аспирантов и молодых ученых, 13-17 февраля 2007. – Уфа: Издательство «Технология», 2007, Том 1. – 311 с., с 85-90.

14. Метод уменьшения погрешности судового магнитного компаса / **А.Л. Алимбеков, Куликов Г.Г., Котенко П.С., Р.И. Алимбеков** // Проблемы автоматизации и управления в технических системах. // Труды международной научно-технической конференции. 17-19 апреля 2007. – Пенза: ИИЦ ПГУ, 2007. – 286 с., с. 60-63.

15. К вопросу о полной автоматизации процесса судовождения / **А.Л. Алимбеков** // Мавлютовские чтения: Труды всероссийской молодежной научной конференции. 30-31 октября 2007.–Уфа: УГАТУ, 2007. с. 218-219.

16. Способ определения режимов работы синусно-косинусных датчиков. Пат. № 2310167, РФ.- МКИ G01 С 25/00 **А.Л.Алимбеков, Н.П. Рогатых,** и др. - №2005114847, заявлено 16.05.2005.-Опубл.10.11.2007, Бюл. № 31.

АЛИМБЕКОВ Азат Лиерович

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ
СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ТОЧНОСТИ

Специальность 05.11.16

Информационно-измерительные системы управления (в промышленности и
медицине)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 01.10.2008 Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 0,9.
Уч. -изд. л. 0,9. Тираж 100 экз. Заказ № 431. Бесплатно.

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12.