



ОАО «Концерн «Моринсис-Агат»

**СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
СОЗДАНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ
КОМПЛЕКСОВ**

*Сборник докладов
научно-технической конференции*

2-3 апреля 2013г.
Москва



О методах повышения структурной устойчивости систем управления движением быстроходных судов ряда «АГАТ-М»

к.ф.-м.н. Сидоренко О.И., к.т.н. Подлипалин В.А., Дистранов К.С.

ООО «НПП «Анфас»

Введение

Фундаментальные и прикладные исследования Центрального конструкторского бюро по судам на подводных крыльях имени Р.Е. Алексеева привели к созданию нового класса высокоскоростных морских катеров с динамическими принципами поддержания водоизмещением от 100 до 300 т со скоростью движения до 50 узлов, получивших название катеров с воздушной каверной на днище (КВК).



Разработкой систем автоматического управления движением (САУД) для КВК с 1994 года занималась группа специалистов из Конструкторского бюро промышленной автоматики (г. Саратов), которая к тому времени уже имела опыт создания САУД «Бриз» для пассажирского судна на подводных крыльях «Олимпия». К середине 90-х годов эта группа перешла во вновь созданное предприятие ООО НПП «Анфас» и совместно с ОАО «Саратовский электроприборостроительный завод им. Серго Орджоникидзе» организовала выпуск САУД ряда «АГАТ-М» для оснащения ими КВК типа «Меркурий» (пр. 14232) таможенной службы, КВК типа «Сокжой» (пр. 14230) пограничной службы и КВК типа «Дюгонь» (пр. 21820) Министерства обороны России.

Производителями указанных КВК являются: ОАО «Судостроительный завод Волга», ОАО «Ярославский судостроительный завод», ОАО «Хабаровский судостроительный завод», ОАО «Восточная Верфь». Бассейны их эксплуатации: Черное, Каспийское, Балтийское, Азовское и Охотское моря.

Учитывая широкую географию применения САУД, а также большой гарантийный срок эксплуатации, была поставлена задача создания системы управления движением с повышенной надежностью выполнения ее основных функций. Результатом решения этой задачи стали САУД ряда «АГАТ-М».

Отличительные особенности САУД «АГАТ-М» по сравнению с существующими системами

В отличие от широко распространенных в мире судовых систем управления движением, таких, как система управления курсом судна NT921G фирмы Navitronsystems Ltd (Великобритания) или авторулевой PT500A/D японской фирмы Yokogawa Denshikiki Co Ltd, построенных по принципу независимой поблочной реализации отдельных функций, САУД типа «АГАТ-М» являются принципиально другими системами, в которых нет автономных блоков ручного управления, автоматического управления и управления движением по маршруту, когда отказ одного

из блоков приводит к невыполнению соответствующей блоку функции и требует определенного времени и быстрой реакции судоводителя для парирования отказа.

В САУД «АГАТ-М» все функции указанных блоков интегрированы в два одновременно работающих и дублирующих друг друга канала со встроенной развитой диагностикой и двухканальными приводами, когда отказ одного из каналов не приводит к прекращению выполнения какой-либо функции системы, а парирование отказа одного канала происходит автоматически другим каналом системы.

Методы высоконадежного управления, реализованные в САУД ряда «АГАТ-М»

Базовая архитектура САУД «АГАТ-М» представлена на рисунке 1.



Рис. 1 – Базовая архитектура САУД «АГАТ-М3».

Она содержит два носовых и два кормовых вычислителя, связанных между собой прямыми и перекрестными связями на основе цифровых последовательных дифференциальных каналов связи типа RS-422, ARINC 429 или CAN. Канал управления каждой управляющей поверхностью судна (каждым рулем) образует любая пара из носового и кормового вычислителей. При этом перекрестные связи используются для обеспечения реконфигурации структуры системы при отказах отдельных вычислителей, что повышает надежность выполнения управляющих функций, живучесть системы и необходимую скорость реакции при ее деградации. Применение распределенной обработки данных, а также распределенной системы электропитания позволяет декомпозировать весь комплекс выполняемых системой задач на ряд слабо связанных функций, распределить их между подсистемами и тем самым повысить общую производительность вычислительной системы. Наличие нескольких вычислителей позволяет организовать встроенную систему контроля и диагностирования с восстановлением вычислителей после сбоев. Открытая магистрально-модульная и аппаратно-программная реализация системы позволяет

вносить изменения в выполняемые функции и алгоритмы, обеспечивая высокую гибкость в решении задач и способность к развитию.

Представленная на рисунке 1 архитектура защищена патентом РФ на изобретение [1]. Ее отличает следующая совокупность элементов высоконадежного управления:

1. Дублированная электродистанционная система управления в автоматических режимах.
2. Двухканальные электрогидравлические приводы по каждому управляющему органу судна.
3. Рулевые агрегаты типа РАЗ с трижды резервированной гидросистемой Павловского машиностроительного завода «Восход», при создании которых был использован авиационный опыт, со встроенными двух-обмоточными электромеханическими преобразователями типа «сопло-заслонка», золотниковыми гидро-распределителями и двумя индукционными датчиками положения.
4. Иерархия режимов управления по степени автоматизации управляющих функций с обеспечением безударного перехода с режима на режим:
 - режим автоматического управления по траектории по данным навигационной системы (ЭКНИС);
 - режим автоматического управления по курсу по данным от гироскопа;
 - ручной режим штурвального следящего управления;
 - ручной режим кнопочного следящего управления от кнопок на пульте управления и индикации;
 - ручной режим резервного (не следящего) дистанционного управления от кнопок на штурвале;
 - режим аварийного управления от ручного гидронасоса (дистанционный или с местного поста управления).
5. Развитая встроенная система функционального и тестового контроля и диагностирования до модуля, со встроенными моделями приводов и квитированием отказов. Наличие независимой подсистемы контроля бортовых вычислителей с выдачей сообщения об отказах на кнопки-табло пульта управления и индикации.
6. Быстрое восстановление работоспособности канала после сбоя в течение одного цикла вычисления.
7. Дружественный человеко-машинный интерфейс с кнопками-табло прямого действия. Идеология пассивной панели управления и индикации (ПУИ) как устройства поочередного поканального отображения и дублированных кнопок, связанных непосредственно с соответствующими канальными вычислителями блоков управления [2].
8. Возможность отключения питания отказавших бортовых вычислителей с ПУИ, позволяющая осуществлять ручную реконфигурацию структуры при отказах.
9. Автоматическое ограничение угла перекладок рулей в зависимости от скорости движения по данным от лага, комплексированное стахометрами оборотов двигателей и предотвращающее недопустимый крен судна при разворотах [3].
10. Автоматическое изменение передаточного коэффициента по штурвалу в зависимости от скорости движения и дополнительная «растяжка» угла поворота штурвала в области малых отклонений от нулевого положения для облегчения ручного управления движением быстроходного судна [4, 5].
11. Дублированная индикация положения рулей, одна из которых независима от системы управления.

12. Резервное кнопочное управление двумя независимыми рулями с автоматическим устранением рассогласований между положениями рулей [6].

13. Подсказки судоводителю в виде наглядно представленных и подлежащих обработке отклонений от заданной траектории при ручном управлении движением по маршруту по данным электронной картографической навигационной системы ЭКНИС.

14. Контроль информационных потоков от взаимодействующих систем, поблочный учет времени наработки и наличие телеметрических каналов связи, облегчающих проведение швартовых и кодовых испытаний на объекте.

Жизнеспособность и эффективность системы с рассмотренной организацией многократно подтверждена многолетней (с 1997 года) эксплуатацией САУД «АГАТ-М», «АГАТ-М1» и «АГАТ-М3» на КВК «Меркурий», «Сокжой» и «Дюгонь» соответственно.

Проект САВУД

В настоящее время ООО «НПП «Анфас» совместно со специалистами Института проблем управления им. В.А. Трапезникова приступило к разработке проекта системы автоматизированного высоконадежного управления движением речных и морских судов (САВУД).

Проект САВУД направлен на решение парадокса автоматизации судовождения, заключающегося в том, что с ростом степени автоматизации системы управления технически усложняются, что неминуемо приводит к росту числа сбоев и отказов и заметному увеличению аварийности. Передача решения практически всех задач судовождения автомату освобождает судоводителя от управления движением судна, что, в свою очередь, снижает опытность судоводителя, и при сбое или отказе САУД, а также в других нештатных ситуациях судоводитель вручную с управлением судном уже не справляется. Выход заключается в решении проблем построения высоконадежной – безотказной, отказоустойчивой, безопасной и живучей – САУД способной учитывать человеческий фактор.

В проекте предполагается комплексное решение проблемы автоматизации судовождения, при котором элементы высоконадежного управления – безопасность (включая отказобезопасность), безотказность, отказо- и сбоеустойчивость и живучесть – рассматриваются как свойства структурной устойчивости сложных систем (рисунок 3) с их количественной оценкой при автоматизированном проектировании САВУД с помощью отечественных систем алгоритмического («РДС» ИПУ РАН) и функционального («Арбитр» ОАО «СПИК СЗМА») моделирования.

Базовая технология проекта состоит в структурно-алгоритмическом встраивании современных вычислительных средств в отличную от других интегрированную резервированную архитектуру САВУД с применением новых запатентованных членами команды технических решений, направленных на повышение её свойств структурной устойчивости с разработкой математических моделей, алгоритмов и программ, оптимизирующих процессы выполнения автоматизированных функций САВУД и повышение их эффективности в различных режимах управления движением.

Реализацию САВУД планируется осуществить в проектах ОАО «ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева» в рамках Федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009-2016 годы»:

- САУД «Сердолик-М» (пр. 23160 «Комета-120М» - морское пассажирское судно на подводных крыльях);
- САУД «Сердолик-М1» (пр. 23170 «Циклон-250М» - морское пассажирское судно на подводных крыльях);

- САУД «Агат-М4» (пр. 23210 – морское грузопассажирское судно с воздушной каверной на днище);
- САУД «Агат-М4-01» (пр. 23220 – речное грузопассажирское судно с воздушной каверной на днище);
- СДУ «Агат-М4-02» (пр. 23190 «Альбатрос 120Р» – речной пассажирский газотурбоход на подводных крыльях).

С целью повышения свойств структурной устойчивости в САУД будут введены следующие функции, защищенные патентами РФ:

- в части отказа- и сбоеустойчивости – двухканальность системы управления, включая питание и рулевые приводы; автоматическая реконфигурация структуры при отказах [7, 8];
- в части безотказности – введение логических «облегченных» законов управления на волнении; автоматизация проектирования с помощью исследовательского стенда, осуществляющего виртуальное моделирование поведения объекта управления [9];
- в части отказобезопасности – обеспечение связи с системой управления двигателями для аварийного сброса скорости; ограничение переключков рулей и закрылков по оборотам двигателей и по данным от лага;
- в части живучести – введение нескольких режимов управления с иерархией по степени управляющих функций и требуемого внешнего обеспечения (электропитание, гидропитание и т.д.); распределение оборудования и кабелей связи по судну, возможность управления тягой винтов; ручная реконфигурация структуры системы при отказах с частичной обесточкой системы; введение автономного вычислителя для ручного управления с информационным блоком советчиком; идеология пассивного пульта управления, дублированные кнопки которого связаны с канальными вычислителями [10];
- в части безопасности управления при судовождении – расширение числа автоматически выполняемых функций, включая расхождение с препятствиями, швартовку и отход от пирса или движущегося объекта, прохождение по заданному маршруту с малыми отклонениями от заданной траектории; введение автономного автомата безопасности для непрерывного контроля за параметрами движения и перехода в безопасный режим; использование противоаварийных законов управления с прогнозированием состояния объекта управления.

В итоге САУД будет соответствовать всем требованиям Российского Морского Регистра судоходства, действующих технических регламентов и международных стандартов.

Свойства структурной устойчивости САВУД

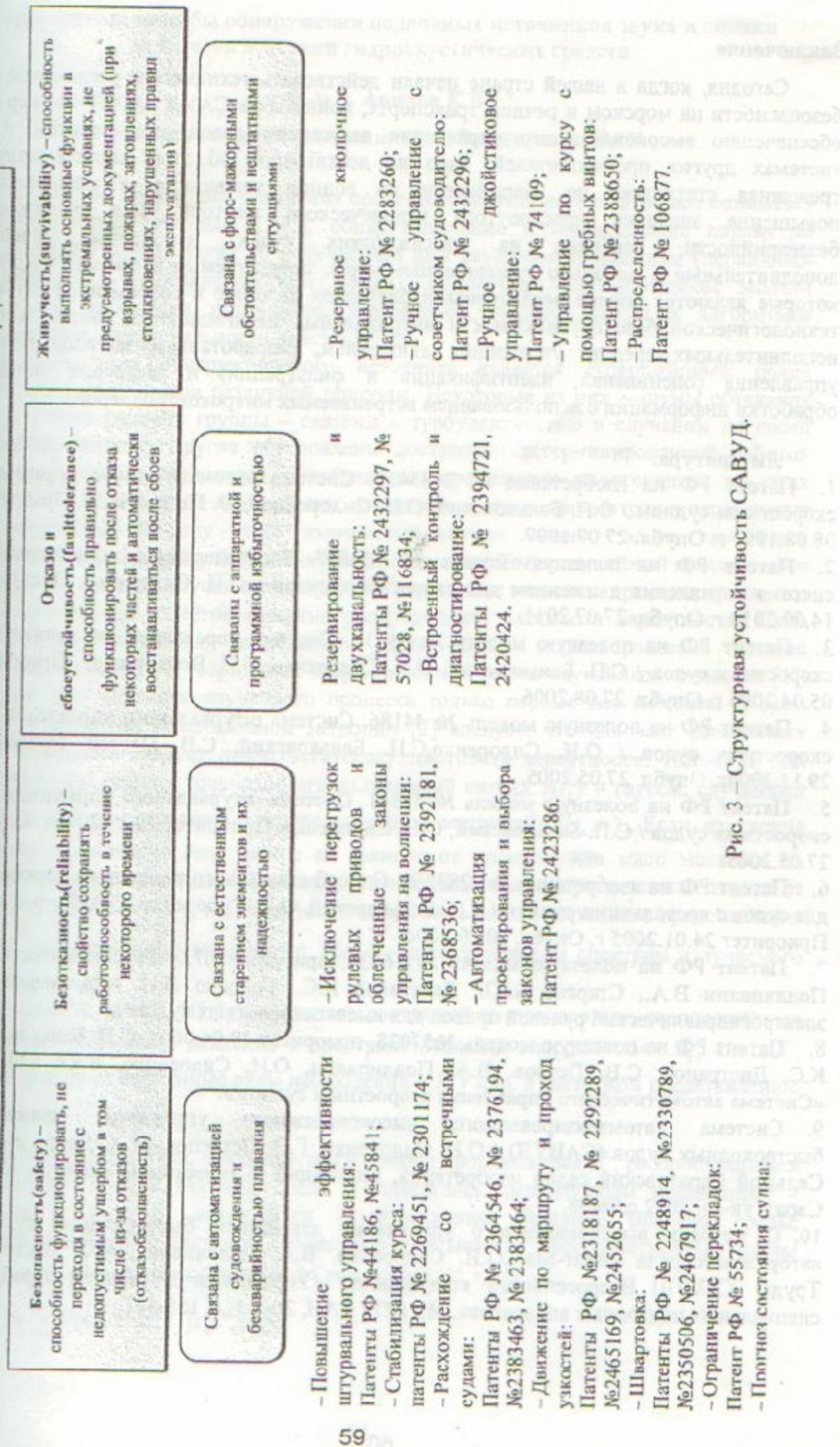


Рис. 3 – Структурная устойчивость САВУД.

Заключение

Сегодня, когда в нашей стране начали действовать технические регламенты по безопасности на морском и речном транспорте, принятых в САУД «АГАТ-М» мер по обеспечению высоконадежного управления движением судов, как, впрочем, и в системах других производителей, явно не достаточно. Об этом свидетельствует тревожная статистика по аварийности на водном транспорте и значительное повышение значения пресловутого человеческого фактора. Для достижения безаварийности, особенно на пассажирских судах, необходимо принять дополнительные и довольно существенные меры, предлагаемые в проекте САВУД, которые являются вполне реализуемыми благодаря наличию в современной научно-технологической базе спутниковых и инерциальных навигационных систем, новых исполнительных средств управления движением, разработанных методов теории управления (оценивания, идентификации и фильтрации) и цифровых методов обработки информации с использованием встраиваемых микроконтроллеров.

Литература.

1. Патент РФ на изобретение № 2085430. Система автоматического управления скоростным судном / С.П. Баньковский, О.И. Сидоренко С.В. Петров и др. Приоритет 08.08.1995 г. Оpubл. 27.07.1997.
2. Патент РФ на полезную модель № 106877. Распределенная вычислительная система управления движением для скоростных судов / О.И. Сидоренко. Приоритет 14.09.2010 г. Оpubл. 27.07.2011.
3. Патент РФ на полезную модель № 55734. Система управления движением для скоростных судов / С.П. Баньковский, О.И. Сидоренко, Е.П. Волков и др. Приоритет 05.04.2006 г. Оpubл. 27.08.2006.
4. Патент РФ на полезную модель № 44186. Система штурвального управления для скоростных судов / О.И. Сидоренко, С.П. Баньковский, С.В. Петров. Приоритет 29.11.2004г. Оpubл. 27.05.2005.
5. Патент РФ на полезную модель № 45841. Система штурвального управления для скоростных судов / С.П. Баньковский, О.И. Сидоренко. Приоритет 29.11.2004 г. Оpubл. 27.05.2005.
6. Патент РФ на изобретение № 2283260. Способ кнопочного резервного управления для судов с несколькими рулями / С.П. Баньковский, О.И. Сидоренко, С.В. Петров и др. Приоритет 24.01.2005 г. Оpubл. 10.09.2006.
7. Патент РФ на полезную модель №116834, приоритет 07.09.11 Сидоренко О.И., Подлипалин В.А., Старков Б.Ю., Дистранов К.С., Головки Л.И. «Двухканальный электрогидравлический рулевой привод для высокоскоростных судов».
8. Патент РФ на полезную модель №57028, приоритет 19.04.06 г., С.П. Баньковский, К.С. Дистранов, С.В. Петров, В.А. Подлипалин, О.И. Сидоренко, Б.Ю. Старков. «Система автоматического управления скоростным судном».
9. Система автоматизированного высоконадежного управления движением быстроходных судов (САВУД) / О.И. Сидоренко, Г.Э. Острецов, М.Х. Дорри и др. // Седьмой Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций. Саратов, изд-во Саратов. ун-та, 2012.с.96-98.
10. О методах высоконадёжного управления движением быстроходных судов в авторулевых рядах «Агат-М»/ О.И. Сидоренко, В.А. Подлипалин, К.С. Дистранов/ Труды XXXVIII Всероссийской конференции «Управление движением корабля и специальных подводных аппаратов». М.: ИПУ РАН, 2012 г. с. 158-161.