

Разработка алгоритмов управления движением и динамическим позиционированием судна на базе его компьютерной модели

Разработка алгоритмов управления, реализуемых программируемыми контроллерами системы динамического позиционирования судна (СДП), предусматривает промежуточные этапы разработки и комплексной отладки математических и имитационных моделей судового движительно-рулевого комплекса (ДРК) и оценки поведения модели судна в целом. Для разработки алгоритмов управления требуется достаточно длительный период, связанный с трудоемкими расчетами, проведением предпроектных исследований, имитационным испытанием макета судна в опытовом бассейне, моделированием поведения судна в зависимости от алгоритмов управления, реализуемых судовыми средствами автоматизации.

По результатам комплексной отладки алгоритмов управления выпускается доработанная программная документация для программирования контроллеров СДП, поставляемых на судно.

Описание математической модели СДП и ее решение представляет определенную сложность. Требуются многостраничные выкладки с анализом показателей качества моделируемой системы при управляющих и дестабилизирующих воздействиях на оборудование ДРК и на судно в целом.

На стадиях проектирования средств автоматизации этапы предварительной отладки функционирования судового оборудования, как правило, предусматривают применение дорогостоящих испытательных стендов с множеством натуральных имитаторов, предоставляющих возможность имитации управляющих действий со стороны оператора, моделирования статических и динамических свойств судна и его оборудования, внешних дестабилизирующих воздействий на судно, возникновения неисправностей и отказов. При этом следует учитывать, что натурные имитаторы для ответственных систем должны проходить собственные испытания и метрологическую аттестацию.

Но даже наличие стендов, базирующихся на натуральных имитаторах, моделирующих такой сложный объект, как судно, не позволяет в полной мере охватить все виды многофакторных внешних и внутренних воздействий, свойственных реальным процессам эксплуатации судна и его оборудования.

Из этого следует вывод, что для разработки достаточно сложных систем управления, в том числе систем управления динамическим позиционированием судна,

необходимо использование современных информационных технологий, при которых трудозатраты и сроки выполнения проектно-конструкторских работ были бы сведены к минимуму.

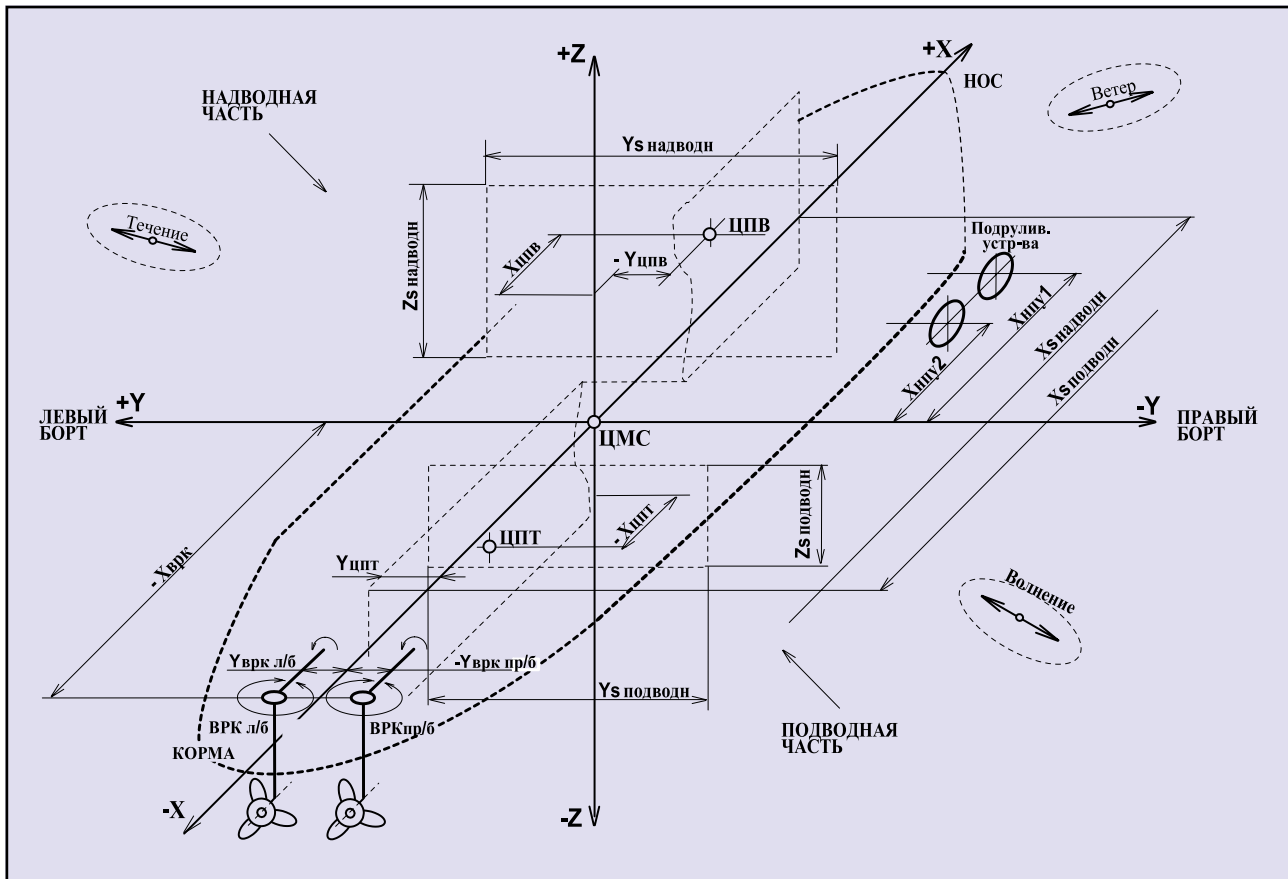
Одним из наиболее перспективных направлений разработки судовых программируемых средств автоматизации, в том числе для систем динамического позиционирования судна, является объектно-ориентированное проектирование систем управления повышенной сложности, построенных на новых принципах компьютерного моделирования.

Для практического решения данной проблемы в НПО "АМТ" была специально разработана универсальная объектно-ориентированная программно-инструментальная оболочка OUR CAD (The Object Universal Resolver – CAD), предназначенная для предпроектных исследований, функционального проектирования, компьютерного моделирования и комплексной отладки в масштабе реального времени информационных моделей сложных систем взаимодействия. Программа основывается на объектно-ориентированных принципах модульного проектирования и обеспечивает построение и анализ информационных взаимосвязанных динамических моделей многоуровневой структурной иерархии применительно к любым физическим системам.

В отличие от натурных моделей движения судна, его компьютерная модель является виртуальным имитатором, на базе которого строятся и отлаживаются алгоритмы управления движительно-рулевым комплексом, реализуемые программируемыми контроллерами СДП.

Для компьютерного моделирования и комплексной отладки процессов управления используется математический аппарат операторного преобразования математических и логических передаточных функций, предоставляющий универсальные возможности разработки как простейших систем управления, так и многоконтурных интегрированных систем управления локальной и сетевой структуры. Уровень сложности моделируемой системы и ее детализация зависят от факторов, которые на выбранном уровне абстракции рассматриваются как существенные.

В процессе расчета пользователь имеет возможность управления поведением модели и имитации управляющих и возмущающих воздействий на объекты управления. Значения контролируемых параметров в



Блок-схема компьютерной модели СДП, представленная в операторном виде

цифровом, сигнальном и графическом виде выводятся на дисплей ПК.

Виртуальная модель проектируемой системы "прозрачна" во всем пространстве проектирования для любой глубины иерархии структурных элементов, с возможностью параллельного анализа аргументной и выходной информации на любом шаге расчета времени. Это предоставляет возможность внесения в модель требуемых изменений ее параметров, гибкой перенастройки, корректировки и детализации структурных элементов, вплоть до составных элементарных инструментальных функций.

При использовании программно-инструментальной оболочки OUR CAD специалисты предметных областей, в том числе, в областях автоматки, энергетики и судостроения, имеют возможность без привлечения программистов создавать и отлаживать собственные компьютерные модели сложных систем управления.

Инструментальная оболочка разработана на базе объектно-ориентированного языка программирования С++, работает в среде Windows и занимает объем памяти на диске в пределах 300 кБ.

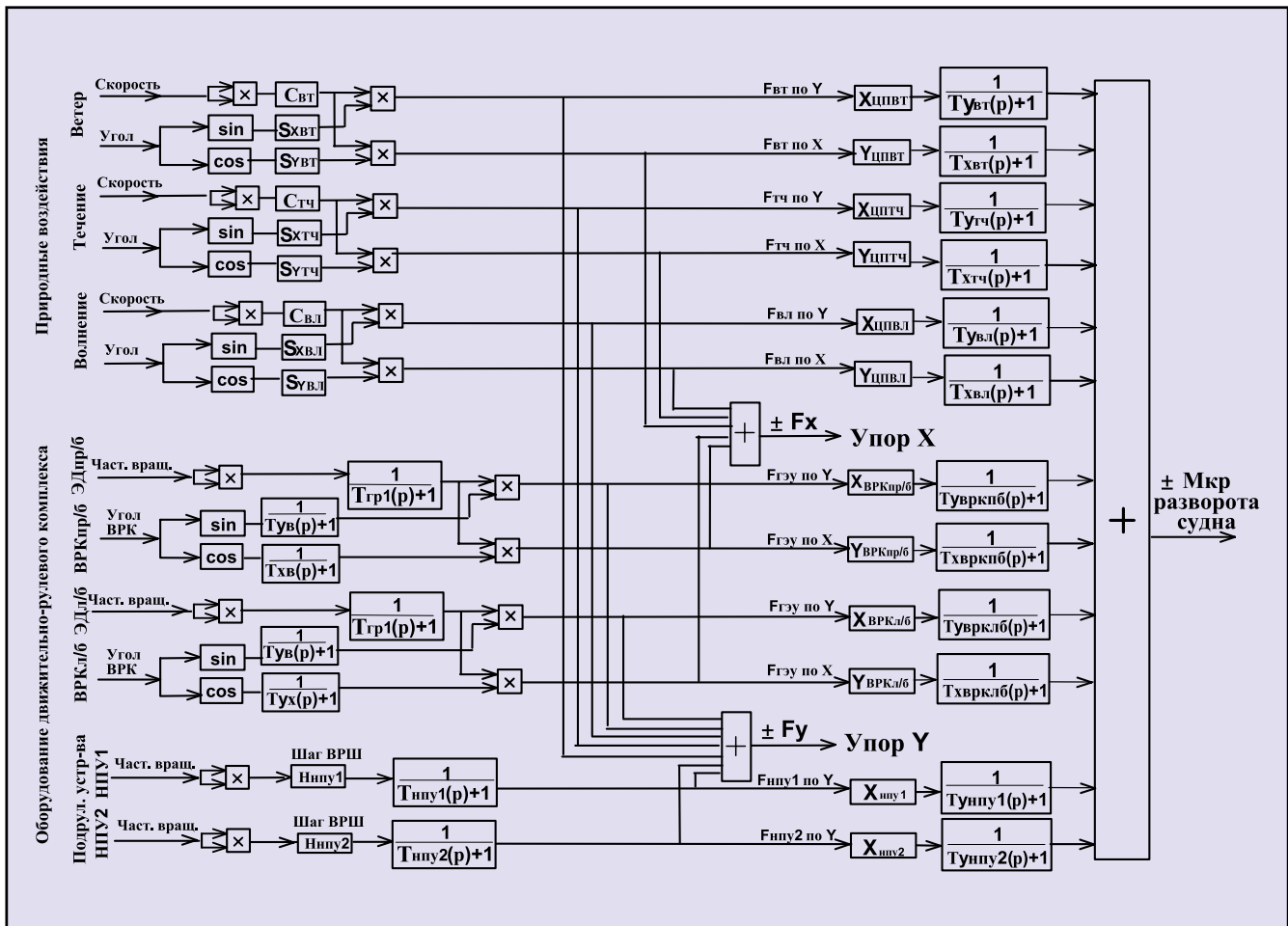
В качестве примера показаны основные подходы к разработке алгоритмов управления СДП судна для северных условий плавания.

В соответствии с требованиями проектанта судна, СДП разрабатывается с учетом требований части XV "Автоматизация" и требований к системам КМ Arc5 [1] AUT1 FF2WS DYNPOS-2 в символе класса Правил классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства.

Для разработки компьютерной модели СДП проектант судна предоставляет информацию, связанную с судном и судовым оборудованием ДРК, рассматриваемых в качестве объектов управления, а также требования к разработке программ управления, реализуемых программируемыми контроллерами СДП.

Исходные данные по характеристикам проектируемого судна и судового оборудования

1. Условия плавания судна:
 - ▶ воздействия на судно сил ветра, течения и волнения;
 - ▶ различная степень загрузки (глубина осадки) судна;
 - ▶ работа в ледовых условиях (толщина льда).
2. Оборудование судового ДРК:
 - ▶ главные гребные электроэнергетические установки (ГЭУ) правого и левого борта на базе гребных электродвигателей (ГЭД), управляемых от полупроводниковых частотных преобразователей;
 - ▶ связанные с ГЭД полноповоротные винторулевые колонки (ВРК);
 - ▶ размещенные в носовой части судна реверсивные подруливающие устройства (ПУ) с управляемым разворотом лопастей;
 - ▶ главные дизель-генераторные установки (ГДГ) судовой электростанции (СЭС), полностью обеспечивающие электроэнергетические потребности оборудования ДРК, как при управлении движением судна, так и при его маневрировании и динамическом позиционировании;



Координаты оборудования движительно-рулевого комплекса и центров надводной и подводной парусности судна

компьютерная система управления динамическим позиционированием судна, содержащая программируемые контроллеры, датчики природных воздействий, датчики местоположения судна, джойстики управления движением и маневрированием судна, информационные мониторы пультов управления в рулевой рубке.

С целью надежной работы судна в режиме динамического позиционирования перечисленное движительно-рулевое и электроэнергетическое оборудование, датчики, программируемые средства и пульта управления СДП дублируются и резервируются.

3. Данные о размерениях надводной и подводной частей корпуса грузенного и порожнего судна: длина $L_{\text{надв}}$ и $L_{\text{подв}}$, ширина $B_{\text{надв}}$ и $B_{\text{подв}}$, высота борта $H_{\text{надв}}$ и осадка $H_{\text{подв}}$.

4. Расположение оборудования ДРК в направлениях X (диаметральная плоскость), Y (поперечное направление), ϕ (угловой разворот судна относительно центра массы):

- координаты $X_{\text{вркП/б'}}$, $Y_{\text{вркП/б'}}$, $X_{\text{вркЛ/б'}}$, $Y_{\text{вркЛ/б'}}$, $X_{\text{пн1'}}$, $X_{\text{пн2'}}$;
- центры парусности надводной и подводной частей судна $(X_{\text{цпн}}, Y_{\text{цпн}})$, $(X_{\text{цпн}}, Y_{\text{цпн}})$.

5. Динамические постоянные времени разгона и рабочей остановки оборудования ДРК.

6. Гидро- и аэродинамические характеристики линейного и углового сопротивления движению судна в свободной воде и в ледовых условиях.

Требования к характеристикам движения, маневрирования и динамического позиционирования судна

1. Движение судна в транспортном режиме с раздельным управлением оборудованием ДРК:

- дистанционное автоматизированное управление ГЭУ правого и левого борта в режиме полного хода, максимальная скорость судна 16 узлов;
- дистанционное автоматизированное управление ГЭУ правого и левого борта в режиме экономичного хода, скорость судна 10 узлов;
- дистанционное управление ВРК правого и левого борта;
- дистанционное управление носовыми подруливающими устройствами НПУ;
- автоматизированное управление ВРК правого и левого борта в режиме "Авторулевой".

2. Режимы маневрирования и динамического позиционирования судна, в соответствии с заданными программами, реализуемыми программируемыми контроллерами СДП:

- позиционирование по X;
- позиционирование по Y;
- угловое позиционирование;
- движение судна лагом, причаливание.

3. Природные воздействия на судно, при которых допускается эксплуатация судна в режиме динамического позиционирования:

- ▶ ветер – не более 14 м/с;
- ▶ волнение – не более 4 баллов;
- ▶ течение – не более 2 м/с.

При любом виде воздействий точность удержания судна в точке позиционирования не должна быть ниже ± 5 м.

4. Позиционирование судна у платформы или у другого объекта в ледовой обстановке должно обеспечиваться при следующих условиях:

- ▶ толщина разрезанного льда – $\leq 1,0$ м;
- ▶ скорость дрейфования – не более 0,7 м/с.

Статические и гидродинамические характеристики движения судна

При компьютерном моделировании движения судна и его динамического позиционирования должны учитываться статические и гидродинамические характеристики движения судна, которые оговариваются проектантом судна, в том числе:

- ▶ гидродинамические характеристики линейного и углового сопротивления движению судна при воздействии на него упоров движителей ДРК;
- ▶ динамические характеристики разгона и реверса оборудования ДРК, в том числе, с учетом присоединенных масс воды;
- ▶ силы природных воздействий на судно, в том числе, ветра, течения, волнения, с учетом надводной и подводной парусности судна;
- ▶ гидродинамическое сопротивление движению и развороту корпуса судна.

Этапы проведенного исследования

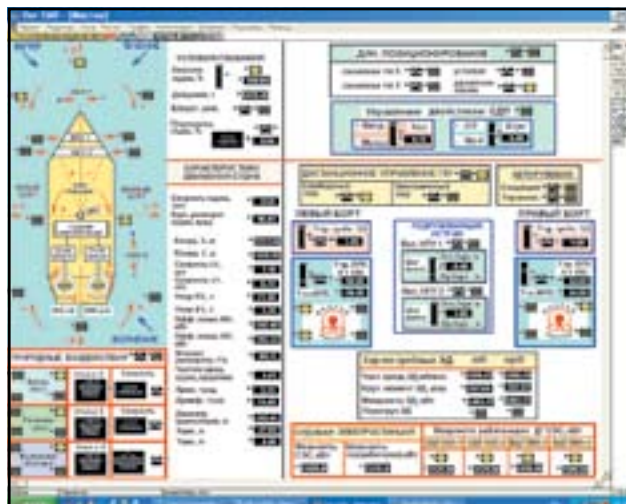
Исследования компьютерных моделей СДП выполняются в следующей последовательности:

- ▶ разработка, комплексная отладка и компьютерное моделирование объекта управления, характеризующего оборудование ДРК и судно в целом;
- ▶ разработка схем алгоритмов управления судном на основе выбранных программ его движения и маневрирования с учетом управляющих воздействий на оборудование ДРК и природных воздействий на судно;
- ▶ комплексная отладка алгоритмов управления СДП совместно с компьютерной моделью оборудования ДРК и судна в целом.

Выводы

Выполненные в НПО "АМТ" работы, связанные с разработкой и комплексной отладкой алгоритмов управления СДП совместно с компьютерной моделью оборудования ДРК и судна в целом, показали следующее.

1. Компьютерная модель судна снабжения разработана на основании данных об основных размерах судна, характеристиках движительно-рулевого и подруливающего оборудования, об условиях плавания и природных воздействиях на судно.



Интерфейс пользователя ПК, характеризующий панель управления и контроля судоводителя в рулевой рубке (рис)

2. В основу разработки компьютерной модели системы управления динамическим позиционированием судна положена ее математическая модель, описанная в виде взаимосвязанных блок-схем передаточных функций и логических операций.

3. При разработке и комплексной отладке алгоритмов функционирования судна и алгоритмов управления СДП использована объектно-ориентированная инструментальная оболочка Our-CAD, разработанная в НПО "АМТ".

4. Выполнена отладка функционирования движительно-рулевого и подруливающего оборудования судна в масштабе реального времени, проведен предпроектный анализ поведения компьютерной модели судна в целом.

5. По результатам испытаний компьютерной модели судна оценена достаточность применения выбранных проектантом судна движительно-рулевых и подруливающих устройств и дизель-генераторов судовой электростанции, обеспечивающих динамическое позиционирование судна при воздействиях ветра, течения и волнения. Испытания модели показали, что, при совместных однонаправленных природных воздействиях на судно сил ветра, течения и волнения, мощности воздействий в любом направлении ниже мощностей выбранного проектантом судна движительно-рулевого, подруливающего и электроэнергетического оборудования, что дает основание рекомендовать его применение на судне.

6. При однонаправленных максимальных природных воздействиях на судно в любых направлениях и при оговариваемой толщине разрезанного льда, скорость дрейфования судна не превышает заданного значения.

7. По результатам компьютерного моделирования и комплексной отладки алгоритмов управления судовым оборудованием ДРК и судном в целом, разрабатывается алгоритмическая часть программного обеспечения СДП, реализуемая в поставляемых на судно программируемых контроллерах.

**Э. Б. Быков, к.т.н., генеральный директор,
А. В. Козлов, д.т.н., заместитель генерального
директора по НИР, НПО "АМТ"**



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЙ

www.amtnpo.ru



**Комплексные поставки
унифицированных систем
управления нового поколения
и электрооборудования
для судостроения, портов
и предприятий
нефтехимической
промышленности**

Адрес: Россия, 196128 Санкт-Петербург, ул. Благодатная, д. 6, лит. Б
Тел/факс: +7(812) 369-88-05; 369-01-79; 363-25-18(19); 369-00-87
E-mail: info@amtnpo.ru Web-сайт: www.amtnpo.ru