НИР «Технологии бассейна»

«Разработка нового поколения компьютерных технологий отработки конструктивных параметров судов перспективных типов и морских комплексов освоения океана и океанского шельфа, обеспечивающих высокие эксплуатационные качества, на основе изучения физических особенностей их гидродинамики»

Головной исполнитель – ФГУП «ЦНИИ им.акад.А.Н.Крылова»

НИР «Технологии бассейна» является комплексной и ведется по трем направлениям:

- компьютерные технологии отработки гидромеханического комплекса судна;
- технологии отработки конструктивных параметров скоростных судов;
- технологии отработки схем построения средств освоения океана и конструктивных параметров их элементов.

Основные полученные практические результаты.

Компьютерные технологии отработки гидромеханического комплекса судна.

- Разработана комплексная экспериментально-компьютерная технология совершенствования обводов корпуса и проектирования движителей транспортных судов. Технология опирается на использование для описания течений вязкой жидкости уравнений Рейнольдса (RANS метод).

Технология включает:

- проведение расчетов обтекания корпуса, на основе результатов которых возможно определение нежелательных явлений при обтекании, таких, например, как отрыв потока и разработка мероприятий по устранению этих явлений с последующей численной проверкой результативности принятых решений;
- определение на основе численных методов распределения давления на поверхности лопастей гребного винта, как в свободной воде, так и за корпусом и проведение на основе этих результатов отработки геометрии гребного винта с целью устранения зон разряжения опасных с точки возникновения кавитации;
- получение на основе численных методов на ранних стадиях проектирования (без изготовления модели) информации для предварительного проектирования гребных винтов (поля скоростей, коэффициенты взаимодействия) с учетом индивидуальных особенностей геометрии рассматриваемых объектов, а не «по прототипу», как это выполнялось ранее;
- отработку формы корпуса и компоновку многокорпусных судов с целью снижения волнового сопротивления (в рамках концепции идеальной жидкости);
- проведение расчетов при натурных числах Рейнольдса для определения масштабного эффекта полей локальных и интегральных гидродинамических характеристик обтекания корпусов судов и гребных винтов;
- пересчет на натурные условия всех требуемых для расчета ходкости величин (вязкостное сопротивление, кривые действия гребного винта, коэффициенты взаимодействия).

Верификация разработанной технологии как на основе экспериментальных данных, полученных в результате работ по реальным проектам, так и на основе специальных тестовых экспериментов выполненных на предыдущих этапах темы показала, что точность компьютерного прогнозирования интегральных гидродинамических характеристик водоизмещающих судов доведена до 5% на расчетных режимах.

Разработанные технологии выполнения численных расчетов на основе RANS методов за

счет формализации и частичной автоматизации выполнения отдельных операций по подготовке исходной информации для расчетов позволяют выполнять соответствующие расчеты работникам, имеющим квалификацию на уровне инженера-расчетчика, а не научного работника.

На основе решения ряда типовых задач на различном программном обеспечении и тестировании современных процессоров разработана общая структура и эскизный проект аппаратно-программного комплекса «Компьютерное судостроительное моделирование». В настоящее время аппаратно-программный комплекс монтируется в Институте и будет введен в эксплуатацию до конца 2011 года.

Создание технологии отработки конструктивных параметров скоростных судов.

- Специалистами отделения гидродинамики ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова» и ОАО «ЦМКБ «Алмаз» разработана технология отработки конструктивных параметров скоростных судов перспективных компоновок, обеспечивающих безопасность плавания при высоких ходовых, маневренных и мореходных качествах.

Технология включает:

- методы экспериментальных исследований в скоростном мореходном и циркуляционном бассейнах характеристик ходкости, мореходности, остойчивости, устойчивости, управляемости,
- методы расчета характеристик ходкости и динамики по созданным математическим моделям управляемого движения в условиях тихой воды, ветра, морского волнения,
- конструктивные проработки компоновочных схем несущих комплексов, включая выбор состава главной энергетической установки, движителей, главных размерений.

Путем систематических модельных испытаний получен необходимый для разработки математических моделей динамики комплекс гидродинамических характеристик однокорпусных и многокорпусных скоростных судов перспективных компоновок во всем возможном диапазоне изменения параметров движения в различных метеорологических условиях.

Разработаны теоретико-экспериментальные, теоретические методы и расчетные программы определения сил на крыльевых управляющих и стабилизирующих элементах быстроходных судов, учитывающие влияние скосов потока, вызванных обтеканием корпуса судна, следа за носовой крыльевой системой, скосов потока и заглублений, вызванных волнением, обеспечивающие возможность оптимизации конструкции органов управления судном.

Созданные на основе результатов испытаний математические модели пространственного движения, как в эксплуатационных режимах, так и в экстремальных внешних условиях обеспечивают определение предельно - допустимых значений параметров движения и органов управления, при превышении которых возможно возникновение неуправляемых разворотов, потеря остойчивости и опрокидывание.

Применительно к различным типам быстроходных судов:

- для однокорпусных и многокорпусных судов создан расчетно-экспериментальный метод определения основных параметров и конструктивных решений, исключающих дельфинирование (интенсивные вертикальные и угловые автоколебания), недопустимое по условиям обитаемости и опасное для живучести судна. Разработана конструкция крыльевого устройства, устраняющего потерю продольной устойчивости судна;

- разработана технология отработки крыльевой конструкции для однокорпусных быстроходных судов, закона управления рулями, устраняющих раскачку по крену и рысканию на волнении;
- разработана технология выбора управляющих и стабилизирующих элементов судов с малой площадью ватерлинии, обеспечивающих снижение амплитуд качки и ускорений на 30-50%, устойчивость движения и безопасность эксплуатации в различных внешних условиях;
- созданы методы отработки конструктивных параметров быстроходных судов с управляемыми интерцепторами, снабженных водометными движителями. Установлена возможность существенного улучшения маневренности судна путем применения бортовых интерцепторов;
- разработаны основные принципы построения технологии выбора основных элементов и главных размерений многокорпусных судов – тримаранов, в том числе с гидродинамической разгрузкой за счёт использования подводных крыльев упрощенной конструкции, обеспечивающей гидродинамическое качество, соответствующее судам на подводных крыльях, повышенную мореходность и достаточную остойчивость.

На основании полученных экспериментальных и расчетных данных выполнена конструкторская проработка быстроходных судов разных типов: однокорпусное глиссирующее судно, глиссирующий - тримаран, судно с малой площадью ватерлинии.

Созданная технология выбора основных конструктивных параметров, средств управления движением позволяет обеспечить разработку конкурентоспособных быстроходных судов, отличающихся высокой степенью безопасности, повышенными ходовыми, мореходными и маневренными качествами.

Технологии отработки схем построения средств освоения океана и конструктивных параметров их элементов.

- Разработаны математические модели динамики протяженных элементов с учетом их жесткостных и массовых характеристик и различных типов граничных условий.
- Разработаны методы решения задач динамики протяженных элементов, опирающиеся на современные достижения математики и ориентированные на использование возможностей современной вычислительной техники, в частности:
  - конечно-разностный метод, использующий принципы теории сингулярных возмущений и позволяющий решать нелинейные задачи динамики протяженных элементов с учетом их продольной, изгибной и крутильной жесткостей;
  - метод сосредоточенных параметров, основанный на теории обобщенных функций;
  - метод расчета протяженных во времени слабо нестационарных процессов, основанный на теории сращиваемых асимптотических разложений;
- Проведены систематические испытания элементов протяженных связей по определению частоты и амплитуды их вихревой вибрации и нестационарных гидродинамических сил, вызывающих эту вибрацию. Проанализированы результаты испытаний и получены регрессионные уравнения зависимостей нестационарных сил от параметров колебаний элемента.
- Разработаны полуимперический метод, программы и методика расчета распределенных параметров нормальной и бинормальной вихревой вибрации протяженных связей.

- Разработаны методика и технология определения динамических характеристик протяженных элементов комплексов освоения океана, позволяющие получить материалы, необходимые для обоснованного выбора схемы построения комплекса и выбора конструктивных параметров его элементов.

В рамках разработки технологии произведена классификация комплексов как динамических систем. Все комплексы освоения океана и океанского шельфа подразделены на две группы:

1. Подвижные комплексы – буксируемые системы.
2. Стационарные комплексы:
   - подъемные комплексы;
   - добычные комплексы;
   - морские транспортные трубопроводы.

Для каждой группы и подгруппы комплексов разработана технология определения динамических характеристик, состоящая в сочетании номенклатуры базовых задач динамики, методов и последовательности их решения.

Номенклатура базовых задач динамики охватывает минимизированный круг задач, свой для каждой группы комплексов, решение которых необходимо и достаточно для оценки приемлемости с точки зрения динамических характеристик выбранных проектных решений по схемам построения комплекса освоения океана и конструктивным параметров его элементов.