

## Инновационные решения в проектах КБ “Агат”

Конструкторской бюро “Агат” (ООО “Агат Дизайн Бюро”, Санкт-Петербург) на протяжении 20 лет выполняет проекты для высокотехнологичных отраслей промышленности – предприятий авиационного комплекса и судостроительных научных центров, отраслевых институтов и верфей. Проекты для судостроительных предприятий реализуются на базе перспективных принципов проектирования, а также новейших технологий в области легких сплавов и композиционных материалов.

Компания разработала ряд проектов многоцелевых судов и катеров различного назначения, отличительными характеристиками которых являются высокая скорость и мореходность, что позволяет использовать их в качестве быстроходных мобильных платформ-носителей как в прибрежной зоне, так и в отдаленных районах. В основу проектов легла широкая программа исследований и разработок, позволившая создать оригинальные гидродинамические схемы, сочетающие высокую скорость, мореходные качества и топливную экономичность.

### *Быстроходные катера*

Первую группу проектов представляют однореданные быстроходные катера проектов А77 и А125М-1 со скоростью хода 56-57 узлов.

Катер проекта А77 построен на ОАО “Выборгский судостроительный завод” в 2003 году, катер проекта А125М-1 – на ОАО “Морской завод Алмаз” в 2009 году.

В качестве главных двигателей на катерах используются два высокооборотных двигателя фирмы MTU (Германия), в качестве движителей – два водометных движителя фирмы MJP (Швеция) на катере проекта А77 и собственной конструкции на катере А125М-1.

За счет компоновочных решений катера имеют более кормовую центровку по сравнению с традиционными катерами. Оборудование катеров кормовыми автоматически управляемыми интерцепторами, которые изменяют величину подъемной силы на днище катера, позволило использовать катера в зоне неустойчивого движения путем стабилизации дифферента. Это привело к общему уменьшению силы



Катер проекта А125М-1



Катер проекта А77

сопротивления за счет уменьшения смоченной поверхности и, как следствие, повысило гидродинамическое качество носителя.

Система управления интерцепторами (СУИ) содержит следующее оборудование:

- ▶ датчики параметров движения катера – углов крена и дифферента, угловых скоростей и линейных ускорений;
  - ▶ управляющую вычислительную машину;
  - ▶ панель управления;
  - ▶ рабочую станцию, включающую жидкокристаллический дисплей с сенсорным экраном и компьютер.
- Система совместно с интерцепторами и их приводами предназначена для:
- ▶ умерения качки по крену и дифференту, а также уменьшения вертикальных ускорений при движении судна в условиях морского волнения;
  - ▶ оптимизации параметров движения судна и исполнительных органов системы по критерию минимума гидродинамического сопротивления.

Решение перечисленных задач позволяет повысить основные эксплуатационные характеристики судна, в частности:

- ▶ обеспечить более высокую скорость хода как на тихой воде, так и при волнении;
- ▶ увеличить ресурс корпусных конструкций;
- ▶ обеспечить более благоприятные условия для работы экипажа во всем диапазоне режимов и условий эксплуатации судна.

Постройке катера предшествовал большой объем модельных и полунатурных испытаний. В ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н. Е. Жуковского» были испытаны четыре базовые модели корпуса катера с последующими доработками, были отработаны расположение и высота реданов, расположение водозаборников водометных движителей, опробованы различные законы управления интерцепторами.

Катера прошли ходовые и мореходные испытания в Выборгском и Финском заливах. Испытания проводились при высоте волны 2 м и скорости хода 40 узлов.

Во время испытаний фиксировались вертикальные перегрузки катера с помощью акселерометров, входящих в систему управления интерцепторами. Была отлажена кинематика приводов интерцепторов и синтезированы оптимальные законы управления.

Самые большие среднеквадратичные вертикальные перегрузки составляли 0,14 g в форпике, 0,11 g в центре тяжести, 0,18 g в ахтерпике при движении судна навстречу волне.

Освоенные в ходе реализации проектов технологии и полученные результаты позволяют создавать быстроходные катера различного назначения. При соответствующем оборудовании и оснащении эти кате-

ра способны обеспечить выполнение широкого ряда задач, таких как патрулирование, контроль судоходства, охрана побережья, поисково-спасательные операции, охрана морских природных ресурсов и др.

## Быстроходные пассажирские суда

Вторую группу судов составляют быстроходные пассажирские суда со скоростями хода 37-40 узлов, пассажироместимостью 100-150 человек.

Это речное пассажирское судно проекта А45-1 для перевозки 100 пассажиров со скоростью 38 узлов и морское пассажирское судно проекта А145 для перевозки 150 пассажиров со скоростью до 40 узлов.

Наиболее сложная задача, которая стоит перед проектантом быстроходного судна, – это поиск рационального сочетания скорости хода, мореходности, топливной экономичности, дальности плавания и обитаемости, обеспечение комфортного пребывания экипажа и пассажиров на борту судна при его движении как на тихой воде, так и при волнении.

Для решения этой задачи КБ «Агат» совместно с ГОС НИЦ ЦАГИ были выполнены в течении последних 10 лет многочисленные НИР и ОКР, направленные на поиск и оптимизацию геометрии корпусов быстроходных судов, разработку активных и пассивных средств



Проект быстроходного пассажирского судна А145



Рубка и пассажирский салон быстроходного судна проекта А145

стабилизации и умерения качки, а также движителей, которые эффективно интегрируются с корпусом и средствами, повышающими мореходность судна.

Результатами этих исследований стали разработанные технологии, использование которых позволило получить высокие скоростные и мореходные качества судов.

На пассажирских судах применена современная гидродинамическая схема, совмещающая преимущества модернизированной двухреданной схемы с носовым стреловидным и кормовым прямым реданами с автоматически управляемыми интерцепторами и водометными движителями без выступающих за корпус судна частей. Суда имеют корпус с двумя продольными скулами, что позволяет уменьшить ширину судна по днищу, тем самым уменьшив вертикальные перегрузки при движении в условиях волнения. Наличие автоматически управляемых интерцепторов позволяет обеспе-

чить высокие гидродинамические качества и получить высокие мореходные свойства.

Управление движением судов проекта А45-1 и А145 по дифференту и крену осуществляется с помощью комплекса оборудования, содержащего:

- ▶ восемь интерцепторов (четыре за носовым и четыре за кормовым реданами);
- ▶ восемь исполнительных следящих приводов, каждый из которых предназначен для перекладки одного интерцептора;
- ▶ систему управления интерцепторами (аналогичную установленной на катерах проектов А77 и А125М-1).

Специалистами КБ "Агат" был разработан водометный движитель (ВД) собственной конструкции. Испытания лопастной системы проведены на гидравлическом стенде ФГУП "ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова" и показали ее высокие кавитационные характеристики



Быстроходное пассажирское судно проекта А145 во время испытаний



ки. Проект одобрен классификационными обществами МРСР, РРР и BV, рабочие чертежи переданы на ОАО "Зеленодольский завод им. А. М. Горького", где были изготовлены водометные движители.

Основные отличия ВД от ранее созданных конструкций – диагональный насос с высоким КПД и опорный узел с подшипниками качения на масляной смазке, что позволило уменьшить осевой зазор до 0,7 мм и поднять насосный КПД.

Применение в качестве движителя водомета на судах проектов А45-1 и А145 позволяет использовать автоматически управляемые интерцепторы за транцем, работа которых приводит к увеличению статического давления на днище судна в районе установки водозаборников водометных движителей, что благоприятно сказывается на работе последних. Использование водометных движителей позволяет также уменьшить габаритную осадку судна и избавиться от сопротивления выступающих частей (винтов, гребных валов, кронштейнов, рулей).

Кроме того, благодаря наличию двух разнесенных бортовых управляемых водометных движителей, способных создавать управляемый вектор тяги, маневренные свойства судов проекта А45-1 и А145 намного превосходят свойства винтовых судов. Так, суда могут разворачиваться на месте, двигаться лагом, останавливаться с длиной выбега около одного корпуса.

Большая программа мореходных испытаний была выполнена на судне проекта А45 на Куйбышевском водохранилище. Испытания проводились на момент штормового предупреждения, ветер 10-11 м/с, высота волны до 1,5 м. На каждом режиме испытания проведены при различных законах управления по каналам крена и дифферента на различных галсах к направлению волны. Продолжительность каждого галса около 10 минут. Скорость хода – 37-38 узлов. Параметры движения судна документировались на рабочую ЭВМ. Во время испытаний оценивалась визуальная заливаемость судна, устойчивость на курсе, управляемость, остойчивость, обитаемость, надежность механической установки.

По результатам анализа в качестве штатного выбран закон управления по каналам крена и дифферента, с которым судно имело наименьшие вертикальные перегрузки и наименьшее падение скорости хода по сравнению с движением по тихой воде.

Во время испытаний фиксировались вертикальные перегрузки судна с помощью акселерометров, входящих в систему управления интерцепторами и установленных в трех точках по длине судна. Самые большие вертикальные перегрузки составляют 0,2 g в форпике, 0,06 g в центре тяжести, 0,08 g в ахтерпике при движении судна навстречу волне. При движении на остальных курсовых углах к направлению волны вертикальные перегрузки не превышают 0,15 g в форпике, 0,05 g в центре тяжести и 0,06 g в ахтерпике.

Результаты мореходных испытаний показали, что судно может ходить в условиях спецификационного



Быстроходное пассажирское судно проекта А45-1

волнения как с работающей системой умерения качки, так и с зафиксированными неподвижно интерцепторами. В последнем случае вертикальные перегрузки увеличиваются до 0,5 g в форпике и до 0,1 g в центре тяжести и ахтерпике, что все равно не превышает допустимых значений по условиям прочности корпуса судна и условиям обитаемости. Это особенно важно для военных и патрульных катеров, а также катеров специального назначения, которые могут выполнять поставленные задачи в условиях аварийных или боевых повреждений системы умерения качки без уменьшения скорости хода с частичным ухудшением условий обитаемости экипажа и специального персонала.

Результаты мореходных испытаний хорошо коррелируются с модельными испытаниями судна на встречном регулярном волнении в опытовом бассейне ФГУП "ЦАГИ им. проф. Н. Е. Жуковского". Различия в оценке ускорений, пересчитанных на нерегулярное волнение по данным модельных испытаний и полученных во время мореходных испытаний, не превышают 10%. Во время натурных мореходных испытаний потребовалось только откорректировать программные выдвиги интерцепторов от скорости хода и значения коэффициентов в законах управления по крену и дифференту.

Полученные во время натурных испытаний результаты позволяют создать универсальную платформу с двухреданной схемой и автоматически управляемыми интерцепторами, которая в результате масштабирования может быть использована как для перевозок пассажиров и автомобилей на речных и морских маршрутах в условиях развитого волнения, так и для специальных целей.

Характерным для всех проектов, выполненных КБ "Агат", является выбор комплектующего оборудования, поставляемого изготовителями, имеющими мировую известность. Гибкость проектных и конструктивных решений дает возможность учесть взгляды и пожелания заказчика и обеспечить полное соответствие судна его индивидуальным потребностям.

**А. А. Сорокин, заместитель директора,  
ООО "Агат Дизайн Бюро"**