

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ КОМПЛЕКСОВ

Виталий Вельтищев, Александр Кропотов, Владимир Челышев

В статье подчеркивается роль, которую играют современные средства автоматизированного проектирования при создании новых телеуправляемых подводных аппаратов. Использование методов конструирования на геометрических моделях существенно ускорило разработку как конструкции, так и систем управления аппарата.

Современный подводный аппарат (ПА) представляет собой сложный программно-технический комплекс, предназначенный для автоматического и полув автоматического выполнения различных технологических операций. В зависимости от назначения ПА является источником разнообразной телеметрической и научной информации. На борту могут регистрироваться акустические, электрические, магнитные и гравитационные сигналы. Специальная аппаратура обеспечивает получение фото- и телевизионных изображений, а также регистрацию и передачу многочисленных параметров состояния бортовых систем. В составе ПА имеется комплекс достаточно мощных (до киловатта) приводов, маршевых движителей, подруливающих устройств и манипуляторов, управляемых бортовыми вычислительными машинами.

Аппарат является весьма сложным объектом управления вследствие большого количества влияющих параметров и сложной связи между ними. Правильное функционирование всех информационных систем может быть обеспечено только на основе комплексного проектирования ПА. Поэтому уже на самых ранних этапах разра-

ботки подводной системы необходим анализ прочностных и динамических свойств ПА, возмущающих факторов от механических перемещений манипуляторов, присоединенных масс воды, анализ факторов плавучести и остойчивости, которые в немалой степени влияют на качество выполнения задачи управления ПА.

Применение автоматизированных систем проектирования позволяет существенно ускорить разработку таких систем, улучшить качество разработки и повысить эффективность работы в целом.

В Научно-исследовательском институте Специального Машиностроения (НИИ СМ) МГТУ им. Баумана много лет проводятся исследовательские и конструкторские работы в области создания подводных робототехнических комплексов и их отдельных компонентов. Как показал опыт работ последних лет, значительный прогресс в области конструкторского проектирования подводной техники может быть достигнут на основе применения систем автоматизированного проектирования и методов геометрического твердотельного моделирования будущих конструкций подводных аппаратов. Важность компьютерного моделирования обусловлена, кроме всего прочего, сжа-

тыми сроками разработки и отсутствием достаточной экспериментальной испытательной базы для проведения натурных испытаний систем и доработки конструкций. В отделе Подводных систем НИИ СМ МГТУ в настоящее время используется комбинированный метод проектирования подводных телеуправляемых комплексов, когда по мере развития проекта совершенствуется геометрическая модель. По завершении проектирования модель с достаточной степенью точности соответствует реально создаваемой конструкции. Модель имеет геометрические, прочностные и другие характеристики, довольно близкие к реальным. Она может быть подвергнута статическим, динамическим, технологическим испытаниям и исследованиям в различных модельных условиях.

Эскизная компоновка аппарата

На начальном этапе проектирования прорабатываются компоновочные схемы аппарата и определяется размещение основных агрегатов. При этом широко используется объемная компоновка агрегатов на упрощенной твердотельной модели (рис. 1). Типовые элементы, которые уже оптимизированы на ранее разработанных конструк-

циях, сочетаются с новыми элементами, которые заменяются упрощенными моделями в габаритах реальной конструкции. В качестве основного программного средства можно использовать AutoCAD, который обеспечивает быстрое проектирование и позволяет достаточно точно решить компоновочные проблемы. В процессе работы над геометрической моделью вырабатываются основные конструктивные параметры будущего аппарата, определяются требования к основным агрегатам, и затем выдается техническое задание на разработку чертежей.

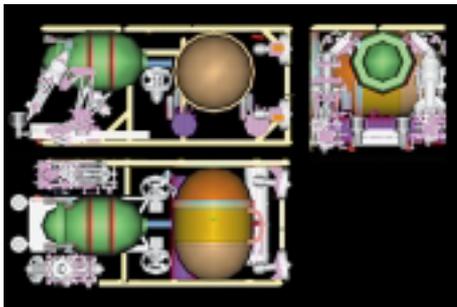


Рис. 1. Объемная компоновка агрегатов подводного аппарата

Наиболее важный вопрос, решаемый на данном этапе, – это выбор компоновочных проектных решений, определяющий статику и динамику ПА в подводных условиях. Центральным моментом здесь является выработка достоверных оценок динамических характеристик конструкций. На проектных стадиях, как правило, нет достаточно точно проработанных данных, необходимых для расчета динамики движения по распределению массовых и жесткостных характеристик, поэтому их приходится получать на основе приближенных геометрических моделей, которые будут уточняться на последующих этапах.

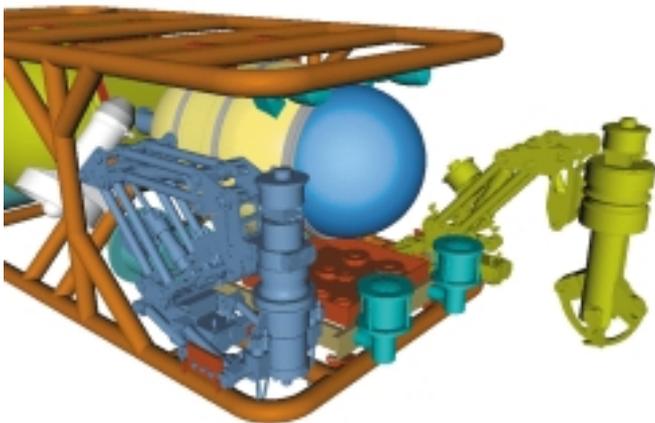


Рис. 2. Геометрическая модель подводного аппарата «АКВА-Ч»

Прочностные расчеты

Условия применения элементов подводной техники требуют выполнения комплекса прочностных расчетов особо нагруженных частей конструкции методами конечных элементов. Твердотельное объемное представление весьма удобно при формировании расчетной модели для ее последующего экспорта в специализированные расчетные программы. Для таких расчетов можно использовать систему COSMOS-M, которая имеет интерфейс с AutoCAD. Если говорить о таком пакете, как Pro/ENGINEER, то здесь имеется модуль прочностных расчетов по методу конечных элементов, который обеспечивает и конструирование, и все необходимые расчеты в единой программной среде.

Определение массовых и геометрических конструкторских характеристик

В завершение этапа эскизного проектирования проводится контрольное моделирование всего аппарата в трехмерном пространстве для окончательного определения характеристик. Определение остойчивости, плавучести и моментов инерции позволит правильно провести синтез системы управления подводного аппарата. Уточняющее геометрическое моделирование проводится на основе двумерных чертежей, выполняемых на этапе эскизного проектирования (рис. 2 и 3).

Важным моментом является определение присоединенных масс воды. Хотя учет последнего фактора в настоящее время нами не решен, результаты геометрического моделирования и расчеты, описывающие поведение конструкции во времени, позволяют определить

реакцию объекта на управляющее воздействие.

Конструкторская проработка и подготовка рабочего проекта

Этап подготовки рабочей документации в настоящее время выполняется параллельно с разработкой уточненной объемной модели аппарата. Впоследствии по чертежам выполняются твердотельные модели всех агрегатов, а затем производится контрольная сборка всего аппарата. На этом этапе при формировании моделей отдельных деталей уточняется возможность их изготовления на существующем оборудовании.

Моделирование технологических операций

Возможности модели позволяют весьма эффективно провести проверку функционирования аппарата при выполнении основных технологических операций. Можно осуществить, например, проверку зон обслуживания манипуляторов, поиск вариантов размещения аппарата относительно объекта, подобрать технологию проведения работ в сложных подводных условиях. Все вновь разрабатываемые аппараты проходят компьютерное тестирование на геометрических моделях.

На рис. 4 и 5 показаны варианты моделирования технологических операций с помощью необитаемого телеуправляемого комплекса «АКВА-ЧС», выполняемого по заказу Министерства по Чрезвычайным Ситуациям РФ. Аппарат представляет собой рабочий подводный комплекс для автоматического выполнения спасательных операций на глубинах до 500 м. На рис. 4 показано моделирование технологических операций ремонта подводного трубопровода.

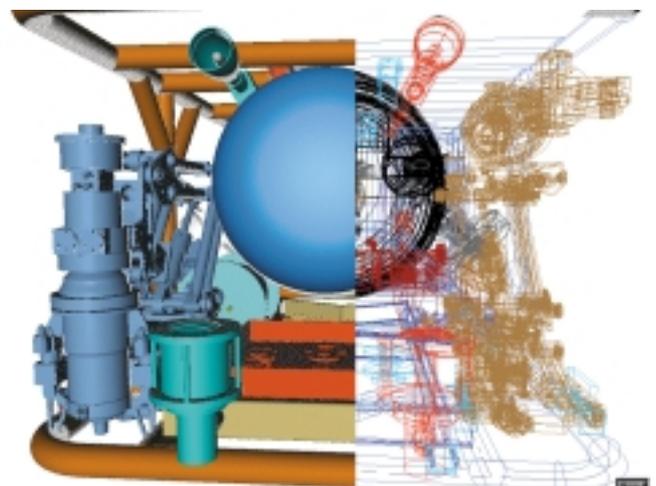


Рис. 3. Моделирование кинематики манипулятора

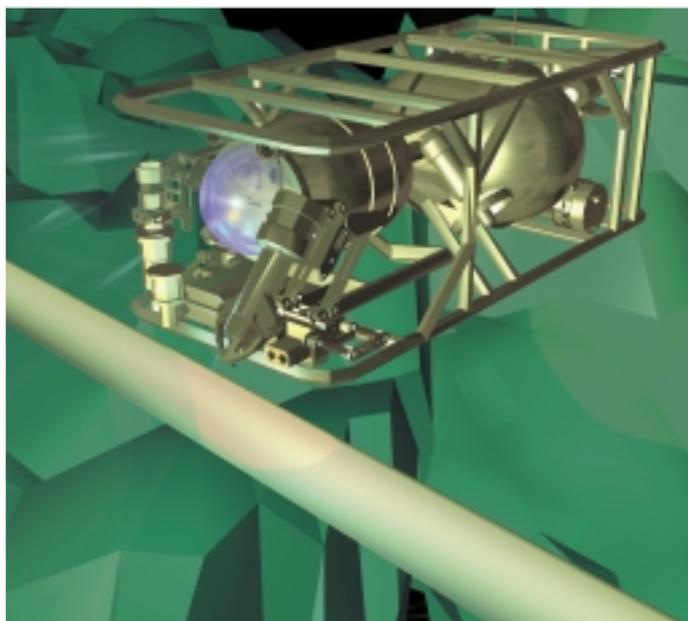


Рис. 4. Моделирование технологических операций ремонта подводного трубопровода

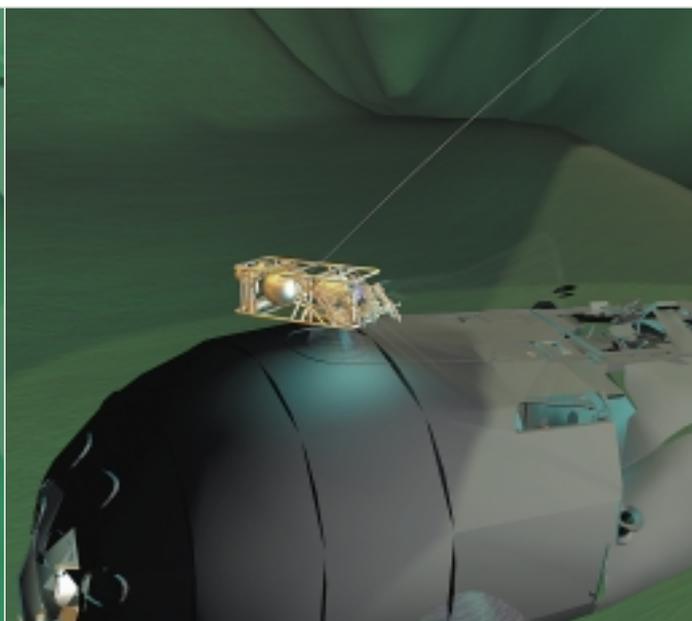


Рис. 5. Технологические операции на АПЛ «Комсомолец»

Успешное использование модели для практических работ показано на рис. 5. Здесь для разработки технологии укрытия атомной подводной лодки (АПЛ) «Комсомолец» проведено компьютерное моделирование состояния погибшей субмарины с учетом бортовых разломов, полученных во время аварии. Модель АПЛ была создана на основе реальных подводных телевизионных съемок. Состояние отсеков с атомными торпедами вызывало опасения в связи с возможностью утечки радиоактивных веществ во внешнюю среду. На основе исследований на геометрических моделях были сконструированы и рассчитаны ос-

полагалось разместить внутри бортовых разломов механические перегородки и эластичные надувные емкости, заполненные морской водой. На рис. 6 представлен этап моделирования операций по укрытию АПЛ «Комсомолец», которые были успешно осуществлены в 1996 на дне океана с участием НИИ СМ. Результаты экспедиции подтвердили правильность выбранной методики укрытия и последовательность выполнения операций, полученных в модельных экспериментах.

Другим примером научных разработок НИИ СМ является телеметрический осмотровый комплекс «КАЛАН», разрабатываемый совместно с ИЦ

«Глубина» по заказу АО Газпром. На рис. 7 представлена модель такого аппарата, который в начале 1997 года вышел на натурные испытания. Как и в случае с «АКВА-ЧС», система управления комплекса «КАЛАН» разработана на базе микроконтроллеров серии MicroPC. ●



Рис. 6. Компьютерный проект укрытия АПЛ «Комсомолец»

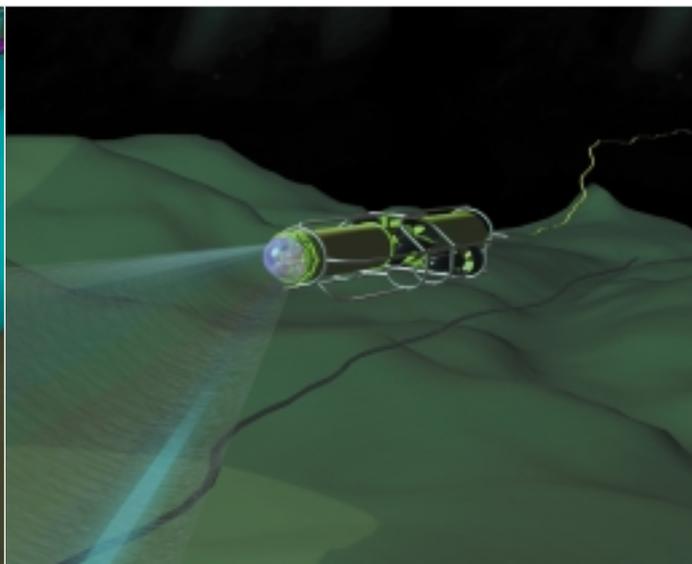


Рис. 7. Модель осмотрового аппарата «КАЛАН»