

## **Краткое изложение содержания работы**

Разработаны и широко внедрены в процесс создания новых образцов морской военной и специальной техники путем интеграции в технологические процессы на основных кораблестроительных и судоремонтных предприятиях методология и совокупность технических решений комплексов специальных средств технологического оснащения различного назначения для монтажа и согласования корабельных ракетных, ракетно-торпедных, навигационных, радиоэлектронных и гидроакустических комплексов вооружения надводных и подводных кораблей с использованием оптоэлектронных средств измерений. Разработанная методология также успешно распространена на корабельные ядерные энергетические установки и реактивные системы залпового огня для сухопутных войск. Результаты работы также внедрялись при строительстве и ремонте боевых кораблей на верфях Республики Индия (верфи Goa Shipyard Ltd. и Cochin Shipyard Ltd.) и на заводе X-52 в Социалистической Республике Вьетнам.

## **Основная научно-техническая идея и практические достижения**

Наиболее ответственной и сложной частью современного боевого корабля является вооружение, элементы которого механически не связаны между собой, разнесены по всему кораблю, но требуют строгого согласования в единой системе корабельных баз. Информация антенн и визирных приборов о целях, гироскопов о положении корабля, пусковых устройств и изделий боезапаса только тогда связываются в единое целое, обеспечивающее точность стрельбы, когда известно взаимоположение всех устройств корабельного комплекса вооружения. Поэтому при строительстве надводных кораблей и подводных лодок к точности монтажа вооружения предъявляются несравнимо более высокие требования, чем к монтажу остального корабельного оборудования.

Задача точного монтажа и согласования комплексов вооружения, учитывая сложность архитектуры корабля и насыщенность его

спецтехникой, соединение конструкций корпуса и устройств вооружения с помощью сварки, упругий характер взаимодействия корпуса корабля и несущих конструкций спецустройств, необходимость выполнения центровочных работ на подвижном качающемся на волнении основании, пространственный, и в определенной степени, нематериальный характер контролируемых параметров (например, осей ячеек пусковых устройств), а также требование высокой достоверности результатов согласования (поскольку ошибки монтажа вооружения выявляются на стрельбах, исправление их связано со значительными трудозатратами, расходом боезапаса, увеличением сдаточного периода), сама по себе является чрезвычайно сложной и требует комплексного подхода для ее решения.

На фоне современных имеющихся системных вызовов для отечественного ВМФ, перед кораблестроением стоят задачи по повышению точности стрельбы комплексов вооружения путем коренного изменения технологических процессов, внедрению цифровых методов проектирования и модульно-агрегатных методов постройки боевых кораблей, что требует разработки новых технологий, позволяющих повысить точность размерного контроля, уменьшить трудоемкость контрольных операций, обеспечить собираемость и монтажную технологичность корабельных комплексов вооружения, повысить их надежность и работоспособность, уменьшить трудоемкость их производства. Достижение указанных целей невозможно без перехода на качественно новый уровень в части метрологического обеспечения механомонтажных работ.

Традиционно используемые в судостроении средства измерений, такие, как рулетки, меры и шланговые уровни, струны и отвесы имеют относительно невысокую точность, не отвечающую современным требованиям, необходимым для обеспечения точности монтажа и согласования комплексов вооружения, а их применение является весьма трудоемким. Опыт показывает, что повышение точности измерений

(в 2-4 раза) и сокращение продолжительности выполнения измерений (до 40%), а, следовательно, повышение точности и сокращение сроков монтажа специальных комплексов и корпусов кораблей, может быть обеспечено за счет применения современных оптических и лазерных приборов. Замена в сборочно-монтажных технологических процессах аналоговых механических и оптико-механических средств измерений на цифровые оптоэлектронные требует разработки совокупности новых методов выполнения контрольно-измерительных работ и новых технических решений средств технологического оснащения, применяемых при сборке, монтаже и согласовании комплексов вооружения надводных и подводных кораблей.

Разработана совокупность методов выполнения контрольно-измерительных работ с использованием оптоэлектронных средств линейно-угловых измерений с обоснованием их точности и новых технических решений средств технологического оснащения для указанных методов, которые нашли широкое применение в технологических процессах на всех основных кораблестроительных и судоремонтных предприятиях Российской Федерации при выполнении монтажа и согласования корабельных ракетных, ракетно-торпедных, навигационных, радиолокационных и гидроакустических комплексов надводных и подводных кораблей. Для практической реализации указанных методов спроектированы и изготовлены комплексы специальных средств технологического оснащения различного назначения, в том числе для торпедных аппаратов подводных лодок, для ракетных шахт подводных лодок и надводных кораблей, для корабельных специальных комплексов радиоэлектронного вооружения подводных лодок и надводных кораблей, а также для боевых машин реактивных систем залпового огня.

Это позволило обеспечить достижение возросших требований к точности применения комплексов вооружения и подтвердить заявленные ТТХ новых изделий ВВСТ.

Ниже приведены примеры результатов работ и разработанных специальных средств измерений и средств технологического оснащения.



Рисунок 1 – Стенд для работы с оптическими и оптоэлектронными средствами измерений

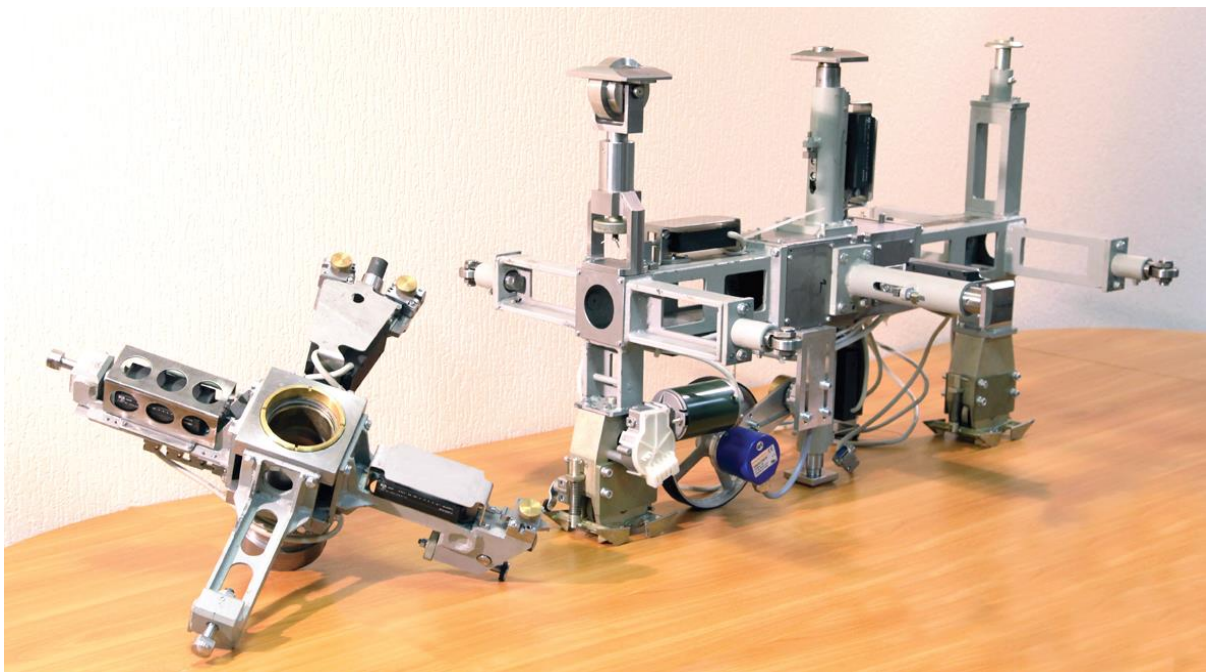


Рисунок 2 – Устройство для автоматизированного контроля внутренних геометрических параметров торпедных аппаратов – одно из устройств комплекса специальных средств технологического оснащения для реализации разработанной методологии



Рисунок 3 – Устройство расточное РД-650М

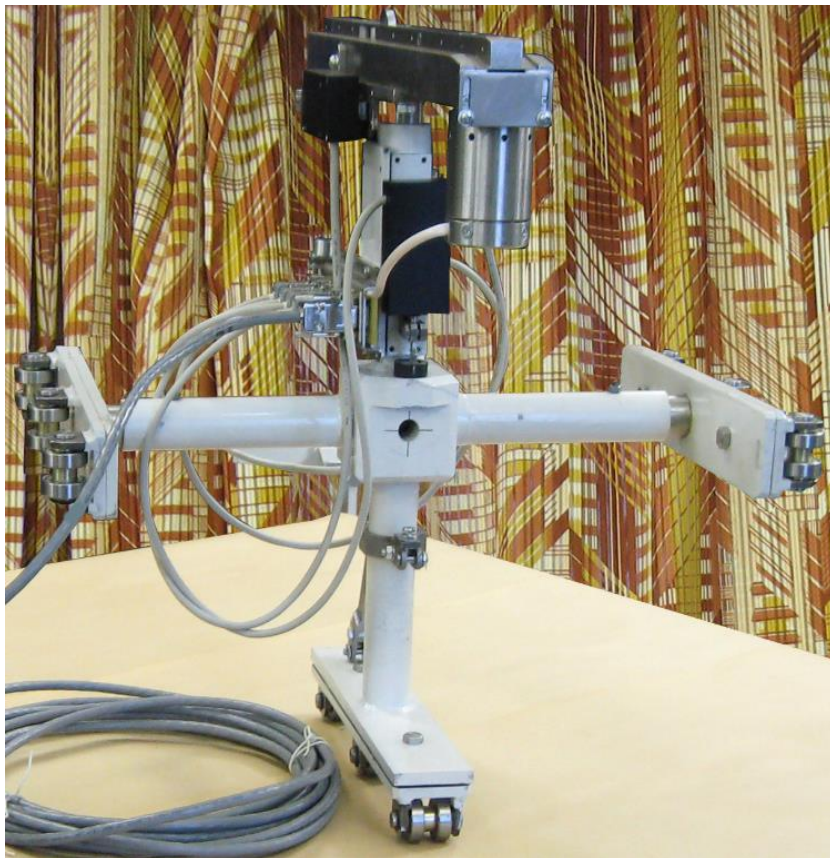


Рисунок 4 – Устройство УКП-53А для автоматизированного измерения внутренних геометрических параметров паза торпедного аппарата

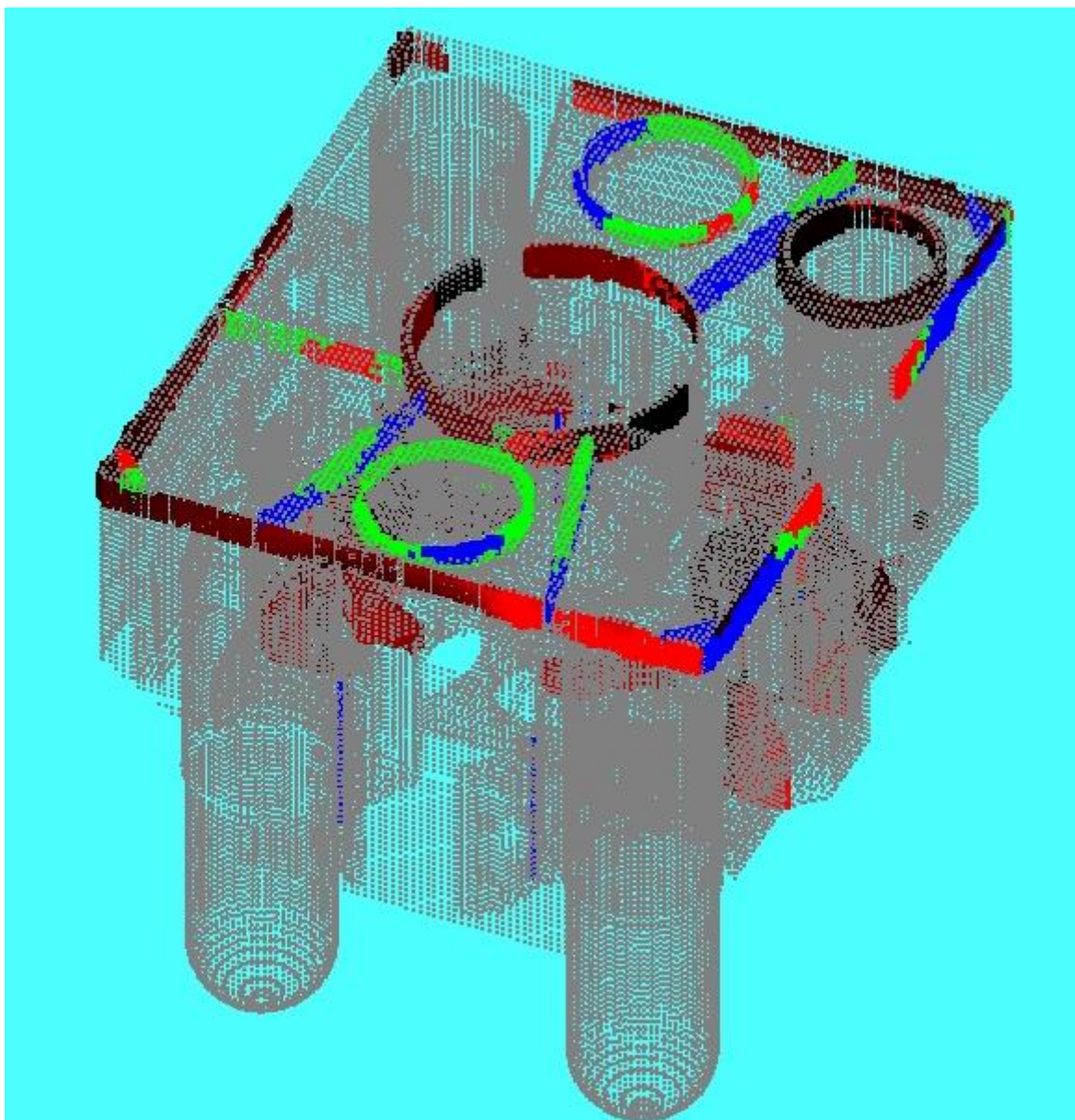


Рисунок 5 – Пример графического отображения результатов виртуальной контрольной сборки комплекса биологической защиты ядерной энергетической установки

**Краткая оценка новизны, отличающая данную работу (актуальность, эффективность, результативность)**

Современные боевые корабли являются сложными системами, которые могут быть разделены на конечное число подсистем и элементов, взаимодействующих друг с другом, при этом общие свойства системы зависят не только от свойств каждого элемента в отдельности, но и от характера их взаимодействия между собой. Это неизбежно приводит к

постоянному повышению требований к точности изготовления, сборки и монтажа всех ключевых систем и устройств кораблей, поскольку от этого напрямую зависят их качество, надежность, боевые устойчивость и эффективность. В первую очередь, это относится к механомонтажному производству, имеющему дело с изделиями машиностроения, включая комплексы вооружения. Известно, что каждые десять лет допуски на линейные размеры изделий машиностроения ужесточаются на 1-2 квалитета, то есть сокращаются в 1,6-2,5 раза.

Сегодня во многих технологических процессах используются средства измерений с микрометровыми и субмикрометровыми значениями инструментальной погрешности. В Приказе Минпромторга России от 17.06.2009 № 529 отмечается, что «...требования к точности измерений возрастают в 3-10 раз каждые 10-15 лет <...> Недостаток измерительных возможностей в стране служит препятствием на пути инноваций <...> Практически во всех новых технологиях сдерживающим их развитие фактором служит отсутствие необходимых метрологических и технических решений, обеспечивающих требуемый уровень точности измерений».

Таким образом, точность монтажа и согласования комплексов вооружения, в значительной мере, зависит от уровня метрологического обеспечения производства, а именно, используемых средств измерений и методов измерений.

Сравнение инструментальных погрешностей аналоговых оптических и оптико-механических (от 0,5 мм до 5 мм в линейном эквиваленте и от 5" до 1' угловом) и цифровых оптоэлектронных приборов (от 0,015 мм до 0,3 мм в линейном эквиваленте и 0,5" до 15" угловом) свидетельствует о том, что дальнейшее повышение точности разрабатываемых методов измерений возможно в первую очередь за счет перехода на оптоэлектронные средства измерений. Разработанная методология, включая комплекс реализованных и внедренных технических

решений средств технологического оснащения, позволила провести переход от традиционных механических и оптических средств измерений к современным лазерным цифровым трехкоординатным приборам, и созданным на их основе интеллектуальным измерительным системам, способным с высокой точностью и в режиме реального времени получать мгновенную информацию о сотнях геометрических параметров различных объектов одновременно.

### **Сравнение с существующими отечественными и зарубежными аналогами**

Аналогом разработанной методологии является ранее разработанная АО «ЦТСС» (ЦНИИ ТС) методология и совокупность технических решений средств технологического оснащения для монтажа и согласования корабельных специальных комплексов с использованием оптических и оптико-механических средств измерений.

Представляемая методология позволяет существенно (в 2-4 раза) повысить точность, уменьшить трудоемкость и сократить время выполнения контрольно-измерительных операций при монтаже и согласовании комплексов вооружения в условиях стапельного места и достроечной набережной завода-строителя.

В части зарубежных аналогов, разработанная методология не имеет прямых конкурентов. За рубежом традиционно точность монтажа комплексов определяется из условий индивидуальной собираемости, а задача согласования комплексов вооружения осуществляется по окончании строительства корабля при практических стрельбах на полигонах «FORACS» (Fleet Operational Readiness Accuracy Check Site) с использованием целей-мишеней, маяков-ответчиков и сложной аппаратуры слежения за траекторией снаряда, а также ее записи средствами фото и телеметрии. Указанная зарубежная методология требует значительных затрат на организацию и содержание полигона, на проведение стрельб и испытаний новых комплексов. В военное время



полигоны могут стать недоступными, и качественный ремонт боевых повреждений сложных комплексов станет невозможным.

В этой связи представляемая методология обладает несомненными преимуществами, в том числе в части отсутствия затрат на содержание полигонной инфраструктуры при обеспечении необходимых точностных характеристик.

### **Достигнутый технико-экономический эффект от внедрения**

Внедрение разработанной методологии с применением цифровых оптоэлектронных средств измерений позволило:

- повысить в 2-4 раза точность выполнения контрольно-измерительных работ при изготовлении, сборке и монтаже комплексов вооружения кораблей, таким образом, повысить точность стрельбы, обеспечить заявляемые ТТХ комплексов, увеличить вероятность поражения целей, повысить эффективность и боевую устойчивость кораблей ВМФ;

- снизить объем и трудоемкость пригоночных работ при монтаже корабельных специальных комплексов до 70%;

- создать измерительную основу для компьютерного моделирования и внедрения сквозных цифровых технологий в кораблестроении и других смежных отраслях промышленности за счет получения результатов измерений в цифровом виде с возможностью их обработки в различных САД-системах;

- создать базу метрологического обеспечения модульно-агрегатных методов постройки кораблей и монтажа вооружения.

Разработка современной методологии монтажа и согласования корабельных ракетных, ракетно-торпедных и других специальных комплексов является значительным вкладом в обеспечение общей обороноспособности страны и повышение потенциала Вооруженных Сил Российской Федерации.