

КОМПЛЕКСНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРАБЛЕЙ

О.В. Савченко, В.Н. Половинкин, И.М. Калинин (Санкт-Петербург)

В соответствии с Указом Президента РФ от 07.05.2018 № 204 (ред. от 21.07.2020) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» с целью осуществления прорывного научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации разработана национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [1].

В рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» утвержден федеральный проект «Цифровые технологии» [2].

В соответствии с «Дорожной картой развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии» [3] данного федерального проекта для развития субтехнологии «Цифровое проектирование, математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия или продукции (Smart Design)» поставлена технологическая задача «Формирование национального Digital Brainware. Разработка для 5 приоритетных отраслей Национальной базы математических моделей высокого уровня адекватности (отличие между результатами моделирования и натурных испытаний в пределах $\pm 5\%$) на основе архивов физических и натурных экспериментов, обеспечивающей преемственность с накопленным научно-технологическим опытом, основанным на дорогостоящих и зачастую уникальных экспериментах; обеспечение обновления Национальной базы математическими моделями высокого уровня адекватности в части новых серий экспериментов, в том числе направленных на применение новых материалов» и мероприятие «Разработка виртуальных испытательных стендов как элементов Национальной базы и разработка математических моделей высокого уровня адекватности на основе архивов физических и натурных экспериментов в области судостроения и кораблестроения».

В дорожной карте отмечено, что среди множества передовых технологий, технология «цифровой двойник» (ЦД), под которым понимается семейство сложных мультидисциплинарных математических моделей с высоким уровнем адекватности реальным объектам (отличие между результатами виртуальных испытаний и натурных испытаний в пределах $\pm 5\%$) является технологией-интегратором практически всех «сквозных» цифровых технологий и субтехнологий. ЦД выступает технологией-драйвером и обеспечивает технологические прорывы и позволяет высокотехнологичным компаниям переходить на новый уровень технологического и устойчивого развития на пути к промышленному лидерству на глобальных рынках.

Ключевым и необходимым этапом работы для формирования глобально конкурентоспособных ЦД в промышленности является реализация комплекса мероприятий программы «Формирование национального Digital Brainware», включающего в первую очередь «оцифровку» всех физических, натурных, как правило, дорогостоящих и зачастую уникальных экспериментов. Этот этап фактически представляет собой разработку и валидацию математических моделей высокого уровня адекватности.

С учетом этого государственного вектора ФГУП «Крыловский государственный научный центр» систематизирует и наращивает свои компетенции в области компьютерного моделирования.

Решение поставленных в национальном проекте задач планируется осуществлять путем реализации программы проектов «Цифровой научный центр судостроения» (ЦНЦС), направленных на разработку виртуальных лабораторий, стендов и полигонов по научным направлениям. Предлагаемые работы имеют общие цели, а именно:

- повышение качества проектируемых объектов морской техники (ОМТ) за счет автоматизации и оптимизации исследовательских и проектных процессов;
- снижение доли физического эксперимента на ранних этапах создания ОМТ при общем увеличении числа экспериментов в обеспечение прорывных технико-технологических характеристик ОМТ за счет существенного увеличения количества расчетных компьютерных экспериментов.

Создание ЦНЦС возможно только на базе существующего научно-технического задела, проведения лабораторных, стендовых исследований и испытаний моделируемых объектов и сформировавшихся за десятилетия научных компетенций. Технологии компьютерного моделирования в рамках ЦНЦС будут соответствовать основным приоритетными направлениями деятельности ФГУП «Крыловский государственный научный центр», определенным указом Президента Российской Федерации от 21.03.2007 года № 396 [4]: перспективное проектирование кораблей, исследования в области гидродинамики, мореходности и остойчивости, исследования в области гидроакустики, научных основ гидроакустического вооружения, исследования электроэнергетических систем, проектирование корабельного и судового электротехнического оборудования, гребных винтов и движительных комплексов, разработка проектов морских и речных судов, проектные решения и разработки по созданию платформ для добычи нефти и газа на морском шельфе.

Таким образом, направления научно-технической деятельности ФГУП «Крыловский государственный научный центр» образуют комплексную систему исследований и разработок направленную на решение проблем и задач судостроения в области проектирования кораблей и судов, их строительства, производства изделий морской техники и обеспечения эксплуатации. Применительно к компьютерному моделированию указанная система может быть представлена ОМТ на всех стадиях жизненного цикла связанными по цифровым каналам с единой междисциплинарной моделью пропульсивного комплекса (ММПК, рисунок 1). Последняя обеспечивает решение и других задач: тренажерной подготовки, управления движением кораблей и судов, управления морскими транспортными системами и т.п.

В соответствии с ГОСТ Р 57412–2017 [5] компьютерная модель (КМ) – это модель, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде. КМ представляет собой совокупность данных и, в некоторых случаях программного кода, необходимого для работы с данными. Компьютерное моделирование изделия: моделирование, выполненное с использованием компьютерной модели изделия (компьютерное моделирование изделия выполняют с целью получения данных, необходимых для принятия решений в процессах разработки, проектирования, производства, сопровождения эксплуатации и других задач в ходе жизненного цикла изделия).

ММПК состоит из компьютерных моделей:

- пропульсивного комплекса (МГАД – модель гидроаэродинамики объекта, МПИЭ – модель первичного источника энергии МПД – модель первичного двигателя, МГЭУ – модель главной энергетической установки, МЭЭС – модель электроэнергетической системы, МСЭД – модель системы электродвижения, МВ – модель линии вала, МД – модель движителя, МСУ – модель системы управления);
- МПН – модели общей и локальной прочности, а также надежности корпусных конструкций;

- МГА – модели гидроакустических процессов;
- МЭД – модели электродинамических процессов;
- МЖ – модели живучести;
- МПВБ – модели пожаро- взрывобезопасности.

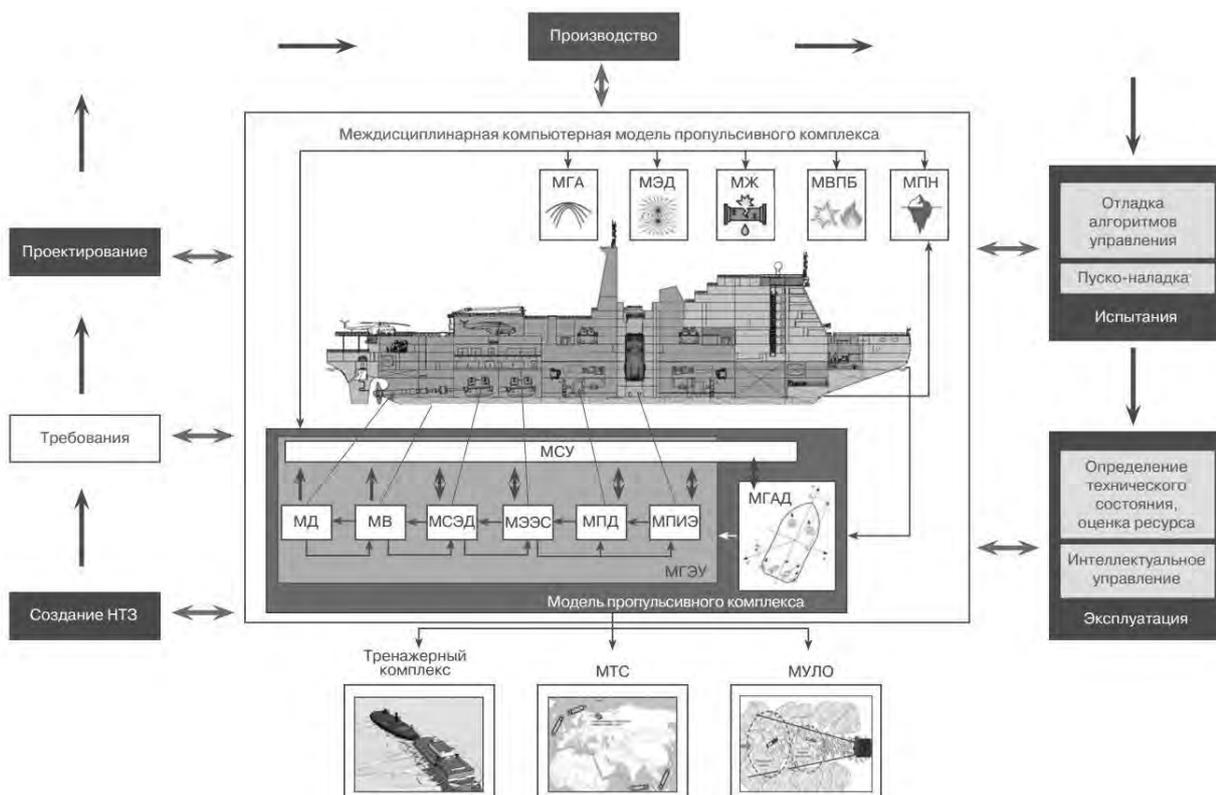


Рис. 1 – Взаимосвязь компьютерного моделирования с жизненным циклом объектов морской техники

ММПК является также основой для создания компьютерных моделей для тренажерных комплексов, МТС – моделей транспортной системы, МУЛО – моделей управления ледовой обстановкой и других.

При решении задач по отдельным научно-техническим направлениям комплексность моделирования обеспечивается передачей выходных расчетных данных одной модели на вход другой модели. Каждая из моделей КМ пропульсивного комплекса, как правило, является мультидисциплинарной (гидроакустической, гидроаэродинамической, электромеханической, электромагнитной и т.п.), при этом совместное применение данных моделей для решения задач судостроения является междисциплинарным компьютерным моделированием.

Компьютерные модели и программы для ЭВМ, созданные в Крыловском государственном научном центре согласно ГОСТ Р 57412–2017 [5] соответствуют следующим исследовательским аспектам моделирования: функциональная, геометрическая, физико-механическая, физико-химическая, технико-экономическая, процессная, гидродинамическая, физико-геометрическая, физическая, а по используемому способу описания объекта моделирования относятся к математическим и информационным моделям. В зависимости от метода нахождения решения модели являются аналитическими, численными, имитационными, формальными и описательными.

В настоящее время существенно увеличивается доля разработок ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в области компьютерного моделирования на основе отечественных программных платформ и программных продуктов собственной разработки.

К таким разработкам относятся программы, созданные ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в обеспечение скрытности и малозаметности объектов морской техники и внедренные в проектных организациях судостроения.

Программа расчета электрического поля STAR3D Electric (рисунок 2) [6] позволяет производить расчеты поверхностных и пространственных распределений электрического потенциала и тока в многоэлектродных гальванических системах произвольной формы.

Программа расчета магнитного поля STAR3D Magnetic (рисунок 2) позволяет производить расчеты магнитного поля, намагниченности ферромагнитных конструкций, дипольного момента. Программа может использоваться для решения задач магнитной защиты надводных и подводных морских объектов [7].

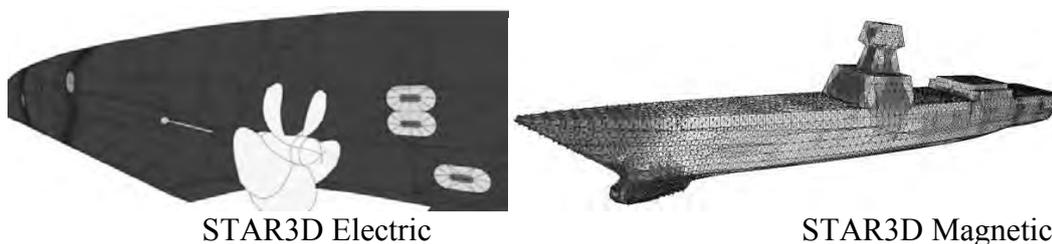


Рис. 2 – Расчеты в обеспечение скрытности и малозаметности ОМТ

Примерами разработок с использованием отечественных программных платформ (отечественная программа схмотехнического моделирования Simintech, разработанная ООО «ЗВ-сервис») являются компьютерные модели для проектных расчетов, расчетов переходных и аварийных процессов в корабельных электроэнергетических системах (рисунок 3) [8]. На базе программы Simintech планируется создание системы сквозного проектирования корабельных электроэнергетических системах [9].

Основой для создания компьютерных моделей являются результаты модельных испытаний кораблей и их элементов, а валидация моделей осуществляется по результатам натурных испытаний и эксплуатации объектов морской техники (рисунок 4).

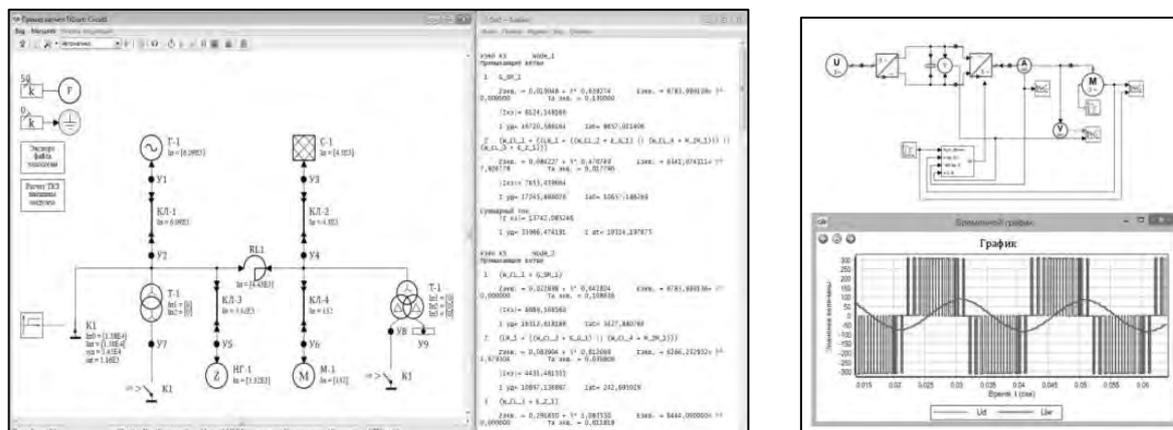


Рис. 3 – Схмотехнические модели КЭЭС



Рис. 4 – Новые объекты экспериментальной базы судостроения

Выводы

1. Междисциплинарная модель пропульсивного комплекса является составляющей цифровой модели корабля для всех этапов жизненного цикла и может обеспечивать междисциплинарную связь с моделями других систем корабля, включая системы оружия и вооружения, что особенно актуально с учетом тренда на повышение степени автоматизации кораблей и перехода на полное электродвижение.

2. Программы проектов «Цифровой научный центр судостроения» разработана в обеспечение решения задач национального проекта «Цифровая экономика» и предусматривает разработку виртуальных лабораторий и полигонов по научным направлениям с «оцифровкой» физических и натурных экспериментов, разработкой и валидацией математических моделей высокого уровня адекватности на основе дальнейшего совершенствования экспериментальной базы и расчетных методов исследования.

Литература

1. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Утвержден протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7.
2. Паспорт федерального проекта «Цифровые технологии». Утвержден президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 28 мая 2019 г. № 9).
3. «Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Новые производственные технологии».
4. Указ Президента Российской Федерации от 21.03.2007 года № 396 «О федеральном государственном унитарном предприятии «Крыловский государственный научный центр».
5. ГОСТ Р 57412–2017 «Компьютерные модели в процессах разработки, производства и эксплуатации изделий. Общие положения».
6. «Программа расчета электрического поля STAR3D Electric», свидетельство № 2011617901, государственная регистрация в Реестре программ для ЭВМ, 7 октября 2011 г.
7. «Программа расчета магнитного поля STAR3D Magnetic. Версия 2», свидетельство № 2019610567, государственная регистрация в Реестре программ для ЭВМ, 14 января 2019 г.
8. www.3v-services.com.
9. **Калинин И.М., Иванова М.К., Соловей В.С.** Концепция создания отечественной системы сквозного проектирования судовых электроэнергетических систем. // Труды Крыловского государственного научного центра. 2019. №. 1 (387).