

МЕСТО И РОЛЬ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.К. Дригола (Санкт-Петербург)

Введение

Современный этап развития Вооружённых Сил Российской Федерации характеризуется активной цифровой трансформацией всех сфер деятельности – от разработки вооружения до управления войсками. В данном контексте технология цифрового двойника занимает особое место, выступая связующим звеном между физическим миром боевой техники и информационной средой управления.

Как отмечают исследователи [2], существует фундаментальное противоречие между необходимостью кардинального уменьшения времени, затрат на разработку и испытания образцов вооружения и военной техники (ВВТ) и ограниченными возможностями, большой сложностью, стоимостью средств разработки и стендов натурных испытаний.

В работах П.А. Созина и соавторов [3, 4] представлена концепция синтеза трёх категорий: единого информационного пространства – всеобщее, виртуальной реальности – частное, и цифровых двойников – единичное.

Цель настоящей работы – определить место и роль цифрового двойника в системе управления Военно-морского флота РФ на основе анализа теоретических положений и зарубежного опыта. –

Задачи исследования: 1) проанализировать теоретические основы применения цифровых двойников в военном управлении; 2) провести анализ зарубежного опыта (США, НАТО); 3) определить место цифровых двойников в системе управления ВМФ РФ; 4) сформулировать перспективные направления развития.

1. Теоретические основы применения цифровых двойников в системах военного управления

1.1. Концепция синтеза категорий

В основе современного понимания цифрового двойника как элемента системы управления лежит концепция синтеза трёх взаимосвязанных категорий: единого информационного пространства, виртуальной реальности и цифровых двойников [3, 4].

Единое информационное пространство представляет собой среду, в которой все участники процесса (разработчики, производители, эксплуатирующие организации, органы военного управления) имеют санкционированный доступ к актуальным данным об объекте в соответствии с их полномочиями. Ключевыми свойствами являются: однократность ввода информации, непротиворечивость, актуальность и защищённость.

Виртуальная реальность выступает технологическим инструментом, позволяющим воссоздавать гипотетические среды и ситуации для управления виртуальным объектом путём моделирования законов пространства, времени и взаимодействия.

Цифровой двойник является конкретной реализацией виртуальной модели конкретного объекта, интегрированной в единое информационное пространство и обладающей двусторонней связью с физическим прототипом. Как подчёркивается в исследовании [2], именно синтез указанных категорий позволяет перейти от разрозненных цифровых моделей к системному управлению жизненным циклом ВВТ.

1.2. Эволюция цифровых двойников: от 3D-модели к «умному» двойнику

В научной литературе выделяют несколько уровней зрелости цифровых двойников.

Первый уровень – цифровой прототип: трёхмерная геометрическая модель, не имеющая связи с реальным объектом. Используется на этапе проектирования.

Второй уровень – цифровая тень: модель, получающая данные от реального объекта, но не оказывающая обратного влияния.

Третий уровень – полноценный цифровой двойник: двусторонняя связь между физическим объектом и его виртуальной копией.

Четвёртый уровень – «умный» цифровой двойник: интеграция с системами искусственного интеллекта, способность к самообучению, прогнозированию и выработке рекомендаций.

Для задач управления Военно-морским флотом наиболее перспективными являются третий и четвёртый уровни, позволяющие не только наблюдать за состоянием корабля, но и прогнозировать развитие ситуаций, оптимизируя управленческие решения.

1.3. Функции цифрового двойника в контуре управления

С позиций теории управления цифровой двойник выполняет следующие функции:

1. **Информационная функция** – сбор, обработка и представление данных о состоянии объекта управления в режиме, близком к реальному времени.

2. **Моделирующая функция** – прогнозирование изменения состояния объекта под влиянием внутренних и внешних факторов.

3. **Сценарная функция** – проигрывание вариантов управленческих решений и оценка их последствий до реализации в физической среде.

4. **Обучающая функция** – формирование тренажерной среды для подготовки оперативного состава и технических специалистов.

1.4. Нормативная база

Основополагающим нормативным документом в области цифровых двойников в Российской Федерации является **ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения»**, утверждённый Приказом Росстандарта № 979-ст от 16 сентября 2021 года и введённый в действие с 1 января 2022 года [1]. Стандарт устанавливает единое определение: *«цифровой двойник изделия – система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием и (или) его составными частями»*.

2. Анализ зарубежного опыта применения цифровых двойников в управлении военно-морскими силами

2.1. Стратегические ориентиры ВМС США

Военно-морские силы США являются мировым лидером в области разработки и внедрения технологий цифровых двойников для управления корабельными группировками. В 2025 году Командование морских систем ВМС США (NAVSEA) в документе «Fleet Resilience Next Generation Support: Digital Twins» указало, что повышение оперативной готовности каждого корабля на 1% равносильно добавлению трёх новых кораблей в состав флота без дополнительных затрат на строительство [6].

2.2. Проект «Digital Lincoln» («Цифровой Линкольн»)

В 2019 году Информационное командование ВМС США (NAVWAR) реализовало проект на авианосце CVN-72 «Abraham Lincoln». Концептуальной

особенностью является то, что объектом цифрового двойника выступала не геометрия корпуса, а «система систем» (system of systems) – совокупность бортовых информационных систем с их интерфейсами и информационными потоками. Результатом стало выявление дублирующихся информационных запросов и оптимизация обмена данными до этапа физической интеграции [6].

2.3. Предиктивное обслуживание: опыт FMD

Компания Fairbanks Morse Defense (FMD) разработала цифровые двойники для предиктивного обслуживания корабельных двигателей. Как отмечает Трей Тейлор, директор по цифровым инновациям FMD, цифровой двойник позволяет оценивать фактическое состояние оборудования и продлевать межремонтные интервалы [5]. Ключевая особенность: цифровые двойники работают полностью автономно на борту корабля, без подключения к интернету, что критически важно для скрытности и кибербезопасности.

2.4. UUV Digital Twin Initiative

Центр подводных боевых систем BMC США (NSWC PCD) разрабатывает в рамках инициативы UUV Digital Twin Initiative виртуальные копии гидроакустических датчиков. Цифровой двойник датчика в связке с моделью распространения акустических волн позволяет генерировать синтетические данные для обучения нейронных сетей, классифицирующих подводные цели [6].

2.5. Проблемы внедрения (по данным GAO)

Согласно отчёту Government Accountability Office GAO-26-108781 «Navy Shipbuilding» (январь 2026 года) [8], выделены следующие системные проблемы:

- отсутствие единого планирования и дублирование инвестиций в цифровые испытательные стенды;
- отсутствие плана замены устаревающего самооборонного испытательного судна;
- нехватка специалистов в области цифрового моделирования.

GAO рекомендовал разработать единый план развития цифровой испытательной инфраструктуры. BMC США согласились с рекомендацией [8].

2.6. Выводы по зарубежному опыту, значимые для ВМФ РФ

Аспект	Опыт США	Значение для РФ
Целеполагание	Ориентация на повышение оперативной готовности (1% = +3 корабля)	Необходимость количественного обоснования эффективности ЦД
Объект моделирования	Переход к «системе систем»	Акцент на интеграции информационных потоков
Предиктивность	Обслуживание по состоянию	Развитие систем сбора и анализа телеметрии
Интеграция ИИ	Генерация данных для обучения автономных систем	Применение для UUV и безэкипажных катеров
Организация	Необходимость единого планирования (выводы GAO)	Недопущение ведомственной разобщённости

3. Сравнительный анализ подходов в видах Вооружённых Сил РФ

Цифровая трансформация в Вооружённых Силах РФ осуществляется дифференцированно:

- **Сухопутные войска** реализуют концепцию «цифровых полигонов» – виртуальных театров военных действий;
- **Воздушно-космические силы** делают акцент на цифровых двойниках авиационной техники (прежде всего двигателей) для прогнозирования остаточного ресурса;
- **Военно-морской флот** занимает особое место в силу трёх факторов:
 1. высокая сложность корабельных систем (интеграция десятков подсистем);
 2. длительность автономного плавания (необходимость автономных бортовых ЦД);
 3. повышенные требования информационной безопасности.

В контексте управления ВМФ цифровые двойники применяются по трём направлениям: интегрированная логистическая поддержка (ILS), тренажёрная подготовка и моделирование боевого применения корабельных группировок.

4. Перспективные направления развития и ключевые проблемы

4.1. Перспективные направления

1. **Интеграция искусственного интеллекта (AI).** Переход от пассивных к активным «умным» двойникам, способным выявлять аномалии, прогнозировать ситуации и предлагать управленческие решения.

2. **Развитие тренажёрной базы.** Распространение опыта использования элементов цифровых двойников в Военном учебно-научном центре ВМФ «Военно-морская академия».

3. **Сквозная информационная интеграция.** Объединение цифровых двойников отдельных кораблей в единую модель оперативного соединения (эскадры, флотилии).

4. **Дистанционная модификация ПО.** Централизованное обновление математических моделей на всех носителях через защищённые каналы связи (с обязательным обеспечением кибербезопасности).

5. **Развитие нормативной базы.** Разработка ведомственных стандартов ВМФ на основе ГОСТ Р 57700.37-2021 и создание методик верификации цифровых двойников.

4.2. Ключевые проблемы реализации

- Фрагментированность усилий и отсутствие единой координирующей структуры.
- Недостаточный уровень интеграции с системами искусственного интеллекта.
- Отсутствие устоявшихся методик верификации цифровых двойников.
- Необходимость переподготовки личного состава.

Заключение

Проведённый анализ позволяет сформулировать следующие выводы.

1. **Цифровой двойник является ключевым элементом перспективной системы управления Военно-морским флотом,** обеспечивающим переход от реактивного управления к проактивному. Теоретической основой выступает концепция синтеза единого информационного пространства, виртуальной реальности и цифровых двойников [3, 4].

2. **Зарубежный опыт (США, НАТО) демонстрирует как успехи, так и системные проблемы** [5, 6, 8]. Ключевые уроки: переход к моделированию «системы систем», приоритет предиктивного обслуживания, необходимость единого планирования цифровой инфраструктуры.

3. Место цифрового двойника в системе управления ВМФ РФ определяется спецификой флота: высокой сложностью систем, пространственной распределённостью и длительностью автономного плавания.

4. Перспективные направления включают интеграцию ИИ, сквозную информационную интеграцию, развитие тренажёрной базы и совершенствование нормативной базы.

Научная новизна заключается в систематизации теоретических подходов к цифровым двойникам как элементу военного управления и проведении сравнительного анализа российского и зарубежного опыта применительно к ВМФ.

Практическая значимость – предложенные направления могут быть использованы при формировании технических требований к перспективным системам управления ВМФ.

Глоссарий

Термин (русский)	Термин (английский)	Определение
Цифровой двойник	Digital twin	Система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием [1]
Цифровая тень	Digital shadow	Модель, получающая данные от физического объекта, но не оказывающая на него обратного влияния (односторонняя связь)
Единое информационное пространство	Common information space	Совокупность информационных ресурсов и регламентов доступа, обеспечивающая согласованную работу всех участников
Виртуальная реальность	Virtual reality (VR)	Технология создания искусственной среды, воспринимаемой человеком
Интегрированная логистическая поддержка	Integrated logistics support (ILS)	Комплекс мероприятий по обеспечению эксплуатации и технического обслуживания вооружения
Предиктивное обслуживание	Predictive maintenance	Стратегия технической эксплуатации, основанная на прогнозировании отказов до их наступления
Система систем	System of systems	Совокупность независимых систем, объединённых для выполнения общей задачи
Искусственный интеллект	Artificial intelligence (AI)	Способность компьютерных систем выполнять задачи, требующие интеллекта человека

Литература

1. ГОСТ Р 57700.37-2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. – М.: Стандартинформ, 2021. – Утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 сентября 2021 г. № 979-ст. – Дата введения: 1 января 2022 г.
2. **Бахгадзе Н.Н., Коньков А.Е., Елпашев Д.В., Кушнарев В.Н., Мухтаров К.С., Пуртов А.В., Пятецкий В.Е., Черешко А.А.** Методы синтеза цифровых двойников на основе цифровых идентификационных моделей производственных процессов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2024. – № 4. – С. 10-23. – DOI: 10.14357/20718632240410.
3. **Созинов П.А., Андреев Г.И., Тихомиров В.А., Замарин М.Е.** Реализация концепции «Цифровые двойники – перспективная стратегия повышения качества эксплуатационно-технических решений на этапах жизненного цикла образцов вооружения и военной техники» // Радиотехника. – 2025. – Т. 89. – № 5. – С. 5-16. – DOI: 10.18127/j00338469-202505-01.
4. **Sozinov P.A., Andreev G.I., Tikhomirov V.A., Zamarin M.E.** Implementation of the concept "Digital twins are a promising strategy for improving the quality of operational and technical solutions at the life cycle stages of weapons and military equipment" // Radioengineering. 2025. Vol. 89. No. 5. P. 5-16. DOI: 10.18127/j00338469-202505-01.
5. **Taylor T.** Digital Twins // Maritime Reporter Magazine. – 2024. – June. – P. 25. – URL: <https://www.marinelink.com/magazines/> (дата обращения: 25.04.2026).
6. **Чэун Х.** От «Цифрового Линкольна» к устойчивости флота: как развивается маршрут цифровых двойников ВМС США? // Security Insider (安全内参). – 2026. – 23 марта. – URL: <https://www.secrss.com/articles/88698> (дата обращения: 25.04.2026).
7. U.S. Government Accountability Office. Navy Shipbuilding: Improving Warfighter Engagement and Tools for Operational Testing Could Increase Timeliness and Usefulness. – GAO-26-108781. Washington, D.C.: GAO, January 14, 2026. URL: <https://www.gao.gov/products/gao-26-108781> (дата обращения: 25.04.2026).