

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ «ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ» В СУДОСТРОЕНИИ**

**Р.А. Постников, Е.С. Палкина (Санкт-Петербург)**

В современных условиях динамичной среды, ускорения процессов, высоких темпов научно-технического прогресса, широкого внедрения инновационных технологий для обеспечения долгосрочного устойчивого развития промышленности необходимо оптимизировать производственный цикл, чтобы оперативно реагировать на рыночные изменения. Цифровая трансформация в промышленности предполагает, что менеджмент получает информацию об осуществлении производственных процессов в режиме реального времени. Например, о том, какие станки и на сколько процентов загружены с тем, чтобы своевременно оптимизировать производство, оперативно подготавливать и осуществлять управленческое воздействие на производственную систему для обеспечения максимального соответствия фактического состояния системы целевым (плановым) показателям, повышения эффективности деятельности организации, снижения уровня риска нарушения сроков исполнения заказов.

Применение цифровых технологий особенно актуально в условиях непрерывного производства, а также в условиях высокой загрузки производственных мощностей промышленных предприятий. Так, в судостроении использование современных информационно-коммуникационных технологий позволит оптимизировать производственный процесс для того, чтобы обеспечить выполнение заказов на изготовление качественной продукции судостроения точно в срок. Кроме того, это позволит российским верфям увеличить долю на мировом рынке судостроения за счет сокращения сроков строительства судна и, как следствие, добиться снижения их стоимости для заказчика.

Важно отметить, главной целью Стратегии развития судостроительной промышленности Российской Федерации на период до 2035 года является обеспечение создания современной продукции судостроения за счет достижения к 2035 году 80 процентов загрузки основных производственных фондов отрасли, повышения в 2,2 раза объема производства при одновременном росте в 2 раза производительности труда и повышения доли отечественной продукции в стоимости конечной гражданской продукции до 75 процентов [1]. Для этой цели предусмотрено решение следующих задач: повышение эффективности планирования и управления производством в организациях судостроительной промышленности, обеспечение их финансовой устойчивости, увеличение количества высокопроизводительных рабочих мест и заработной платы работников промышленных организаций судостроительной отрасли. Одним из способов решения поставленных задач в области развития отечественного судостроения является использование современных информационно-коммуникационных технологий. Цифровизация производства повышает уровень производительности труда, привлекательности рабочего места и безопасности производства, минимизируя негативное влияние человеческого фактора.

Одной из ведущих технологий в концепции Индустрии 4.0 является создание цифровых двойников объектов, в том числе производственных систем. Существует значительное количество российских и зарубежных публикаций, отражающих основные научные и прикладные результаты исследования этого вопроса [2 – 10]. В них представлены технические аспекты цифровых двойников, определена их роль в

жизненном цикле предприятий, приводятся примеры использования цифровых двойников в различных секторах промышленности и другие вопросы. Вместе с тем, по нашему мнению, в специализированной литературе по рассматриваемой тематике недостаточно внимания уделено такой ведущей отрасли страны как судостроение. В связи с вышеизложенным целью настоящей статьи является определение перспектив использования цифровых двойников на предприятиях судостроительной промышленности.

Под цифровым двойником в настоящей статье понимается виртуальная копия физического объекта, процесса или системы, позволяющая повысить эффективность бизнеса. Этот инструмент предполагает использование таких инновационных технологий, как искусственный интеллект, машинное обучение. На рисунке 1 представлена схема, отражающая процесс создания цифровых двойников на основе данных о реальных объектах и их взаимосвязи.

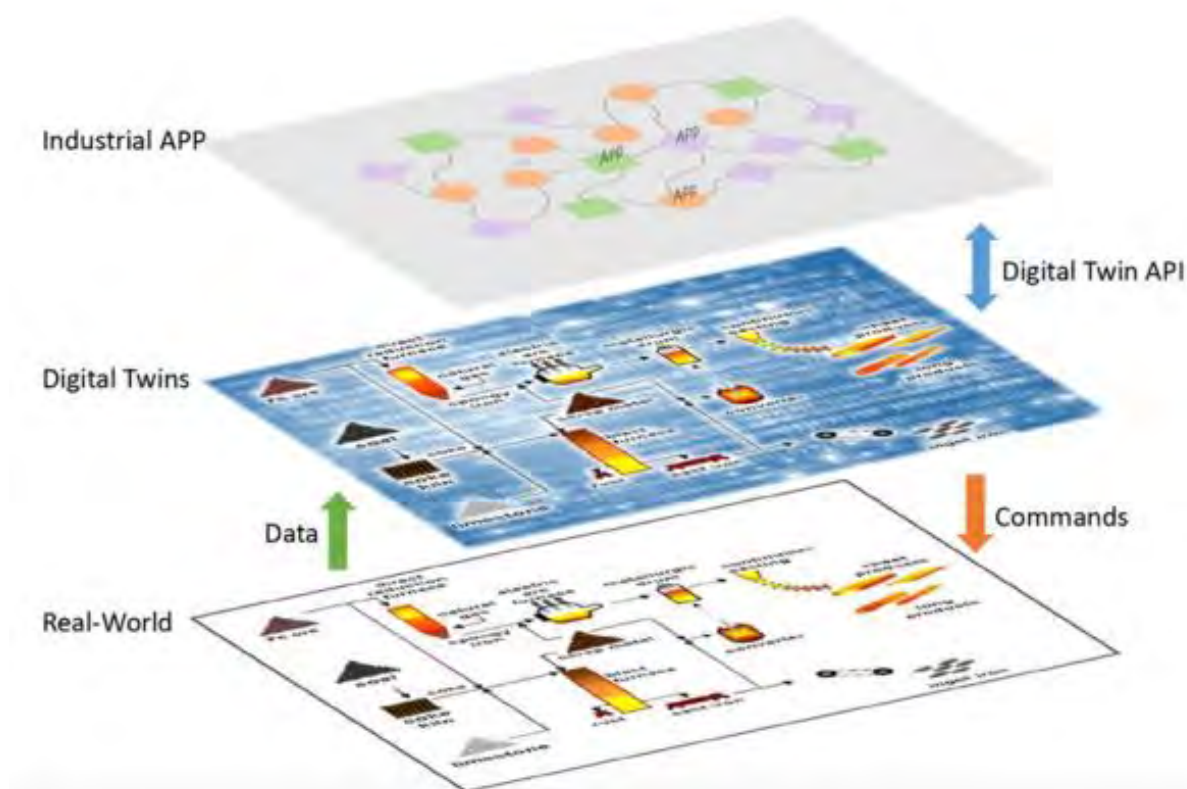


Рисунок 1 – Интеграция цифровых двойников в производственную систему [8]

Применение современных технологий и оцифровывание производственных процессов в судостроении помогает глубже понять тенденции развития предприятий и повысить уровень коммуникаций между конструкторскими бюро и заводами-строителями. Для эффективной реализации технологии цифровых двойников в судостроении необходим тщательный анализ производственных процессов на предприятии. На данный момент полученные результаты проведенного анализа трудоемкости и производственных мощностей конструкторских бюро так или иначе сводятся к экспертному мнению специалистов, основанному на опыте исполнения работ на каждом конкретном предприятии.

Следует отметить, что существуют надежные, зарекомендовавшие себя на практике методы оценки загрузки предприятий. В частности, такие как: натуральный, стоимостной и трудовой. Так, при натуральном методе объем выработанной продукции и показатели производительности труда исчисляются в натуральных единицах (тоннах,

метрах, штуках и других). Стоимостной метод используется, как правило, для получения обобщенных показателей по продукции. Сущность его заключается в том, что показатель производительности труда определяется как отношение произведенной продукции, выраженной в денежных единицах, к затратам рабочего времени. Трудовой метод используется при оценке производительности труда на рабочем месте, в бригаде, цехе, на производственном участке и определяется с помощью нормо-часов. К трудовым показателям производительности труда относится трудоемкость продукции. Кроме того, применение трудового метода при оценке фактических затрат по государственным контрактам набирает все больший оборот. Государственный заказчик сопоставляет объем выплаченной основной заработной платы с табелем отработанного времени и номенклатурой выпущенной конструкторской документации.

С момента появления таких способов оценки производительности труда прошло довольно много времени, при этом на момент появления этих методов не было таких технико-технологических возможностей как сейчас. Важно отметить, технический прогресс способствует не только снижению трудоемкости и повышению производительности труда, но и предоставляет возможность проведения углубленного аудита, если не всех, то большинства производственных процессов на предприятии.

Внедрение цифровых двойников позволяет генерировать положительные эффекты всем участникам процесса. Так, заказчики на этапе конкурса могут сразу оценить и проектантов, и строителей. Более реалистичная оценка проектных бюро и заводов-строителей поможет реально оценить степень загруженности судостроительных предприятий и спрогнозировать более точные сроки сдачи судна.

Цифровые двойники, как инструмент управления процессами производства и проектирования, позволяют усовершенствовать производственную систему предприятия. Благодаря моделированию проектирования и производства судов возможно добиться значительного роста рентабельности, оптимизировать цепочки поставок, снизить нагрузку на складские помещения.

На рисунке 2 приведена укрупненная схема процесса строительства судов.

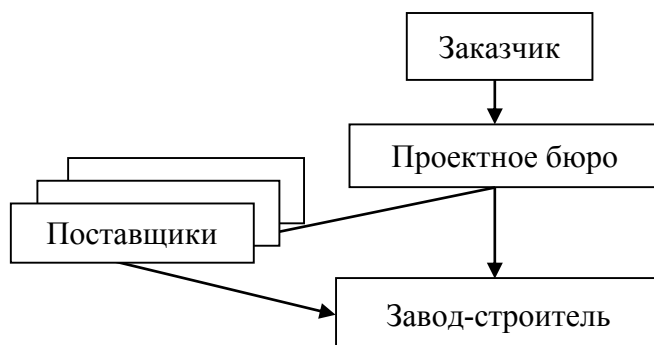


Рисунок 2 – Схема процесса строительства судов

Одним из инструментов цифровой копии проектирования и производства является имитационная модель, разновидности которой представлены на рисунке 3. Этот инструмент может повысить оперативность и эффективность выполнения ряда задач, среди них:

- анализ производственных показателей;
- оптимизация подготовки материалов и логистика;
- проверка сценариев работы;
- устранение узких мест;
- учет динамических и случайных факторов.

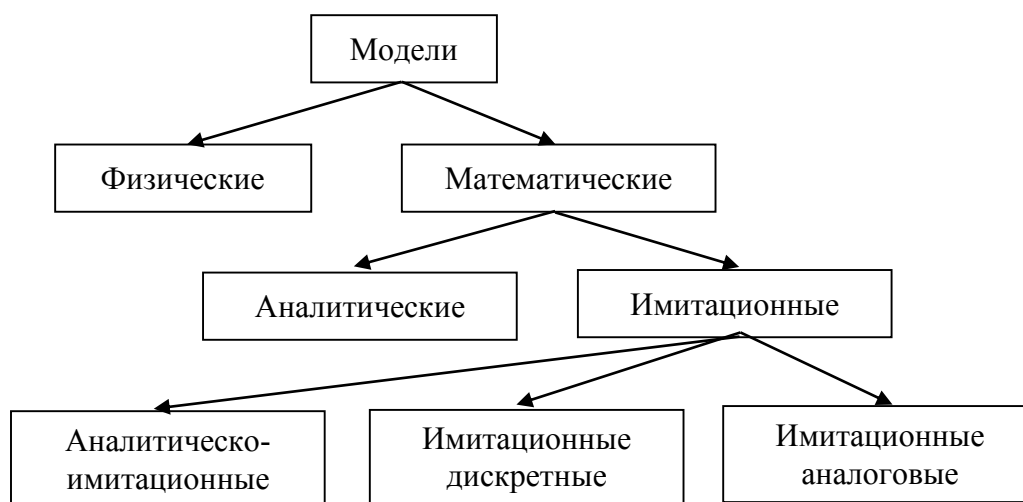


Рисунок 3 – Разновидности имитационного моделирования

Наличие цифрового двойника позволяет осуществлять дополнительный контроль качества выполнения производственных операций, проводить имитационное моделирование процессов на всем протяжении жизненного цикла продукции.

Следует отметить, на текущий момент цифровые двойники не получили широкого распространения в отечественном судостроении. При этом некоторые элементы этой технологии предприятия активно используют, например, 3D-моделирование. 3D-модель позволяет на разных уровнях экономической кооперации, от заказчика до поставщиков (рис. 2), получить представление о конечном результате уже на начальном этапе и построить судно, максимально приближенное к требованиям заказчика, а также минимизировать существенные ошибки при проектировании, например, делать более точные расчеты по весу судна. Вместе с тем, существует ряд проблемных вопросов, связанных с полноценной реализацией 3D-моделирования, таких, как высокая стоимость оборудования и материалов, небольшой выбор материалов, высокая стоимость реализации, – но и эти проблемы со временем будут стоять менее остро. Потенциал аддитивных технологий для судостроения, по оценкам экспертов, высок.

Из важных, но еще не получивших широкое применение в судостроении инструментов, можно выделить 3D-сканирование и обратное проектирование. При совместном использовании этих двух инструментов, можно отмасштабировать или изменить геометрию изделия. Необходимое изделие сканируется, и на основе данных сканирования получается 3D-модель, которую можно редактировать, с дальнейшей возможностью перевода в чертеж. То есть, обратное проектирование – это перевод материального объекта в цифровую форму. Даже применение ставших уже обычными 3D-принтеров на борту судна может быть использовано для снижения объема потребности в запасных частях, инструментах и приспособлениях и проведения оперативного ремонта в процессе эксплуатации судна.

Полномасштабное внедрение современных технологий, включая цифровых двойников, и реализация производственной системы на основе единой информационно-коммуникационной платформенной стратегии развития в секторе отечественного судостроения, от начала производственного цикла до его завершения, обеспечит новый технологический уровень его экономического роста, улучшение качества продукции, повышение степени удовлетворенности заказчиков. В целом, реализация такого крупномасштабного капиталоемкого проекта позволит повысить качество выпускаемой продукции, снизить трудоемкость производства, увеличить рентабельность на всех этапах производства судов, оптимизировать производственные процессы, снизить

издержки предприятий, реализовывать новые идеи проектантов. К основным факторам, препятствующим успешности внедрения цифровых двойников, по нашему мнению, можно отнести: недостаточную квалификацию сотрудников, недостоверность собранных данных для моделирования, неэффективное взаимодействие заказчика и разработчика модели.

В экспертном сообществе существует общее мнение по этим вопросам. Оно заключается в том, что самым сложным для устранения является второй пункт – недостоверность собранных данных для моделирования. Элементарный хронометраж проектирования сильно усложняется человеческим фактором. Когда работу инженера-конструктора контролирует комиссия из нескольких человек, включающая его непосредственного начальника, то работник может показывать высокую продуктивность, производительность труда. Вместе с тем, это носит, как правило, кратковременный характер. При сравнении смоделированного процесса с реальным, выявляется большая разница во времени проектирования, так как сотрудник без сторонних наблюдающих работает значительно дольше. Тем самым смоделированный процесс никак не может быть взят во внимание при планировании работ.

Важно отметить, реализация принципов единой производственной системы и, в частности, цифровых двойников, очень важна не только для отдельного сегмента промышленности, но и всей национальной экономики. В случае цифровой модернизации судостроительной отрасли необходимые суда будут появляться быстрее, а это касается: рыболовства, туризма, транспортировки различных грузов, освоения Северного морского пути, в целом выполнения целей и задач Стратегии развития судостроительной промышленности Российской Федерации на период до 2035 года. Реализация предложенных мер позволит повысить конкурентоспособность российских судостроительных предприятий и увеличить их долю на мировом рынке судостроения.

### Литература

1. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2035 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт Правительства РФ. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/WlszzFJXA26YAXaOifb1H2KQqmi1D7S7.pdf> (дата обращения: 25.02.2021).
2. **Соловьев Э.В.** Анализ рынка судостроения и судоремонта в развитии региональной экономики // *Juvenis scientia*. 2017. № 7. С.19-22.
3. **Бондаревский А.С., Лебедев А.В.** Имитационное моделирование: определение, применимость и техническая реализация // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 12. С. 535-541.
4. **Авдулов П.В., Гойзман Э.И., Кутузов В.А.** Экономико-математические методы и модели для руководителя. – М.: Экономика, 1984. 231 с.
5. **Палкина Е.С., Счисляева Е.Р.** Направления интенсификации инновационного развития национальной экономики на базе цифровых технологий // *Цифровая трансформация экономики и промышленности: сборник трудов научно-практической конференции с зарубежным участием*. Под редакцией А.В. Бабкина. 2019. С. 39-46.
6. **Гончаров А.С., Саклаков В.М.** Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии // *Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСИТ-2018): Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Кемерово, 11-13 октября 2018 года. С. 24-26.
7. **Kripak M.N., Palkina E.S., Seliverstov Ya.A.** Analytical Support for Effective Functioning of Intelligent Manufacturing and Transport Systems // *International*

Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2019). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. DOI: 10.1088/1757-899X/709/3/033065.

8. Digital Twins for Industrial Applications [Электронный ресурс] // [https://iiconsortium.org/pdf/ИИЦ\\_Digital\\_Twins\\_Industrial\\_Apps\\_White\\_Paper\\_2020-02-18.pdf](https://iiconsortium.org/pdf/ИИЦ_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf) — Режим доступа: <https://sudostroenie.info/novosti/26426.html> (дата обращения: 05.03.2021).
9. **Гурьянов А.В., Заколдаев Д.А., Шукалов А.В., Жаринов О.И., Костишин М.О.** Организация цифровых производств Индустрии 4.0 на основе киберфизических систем и онтологий // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. №2. С. 268-277.
10. **Yunpeng Gao, Haiyang Lv, Yongzhu Hou, Jihong Liu, Wenting Xu.** Real-time Modeling and Simulation Method of Digital Twin Production Line // Conference: 2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC). 2019. DOI: 10.1109/ITAIC.2019.8785703. URL: <https://www.researchgate.net/publication/334992467> (дата обращения: 25.03.2021).