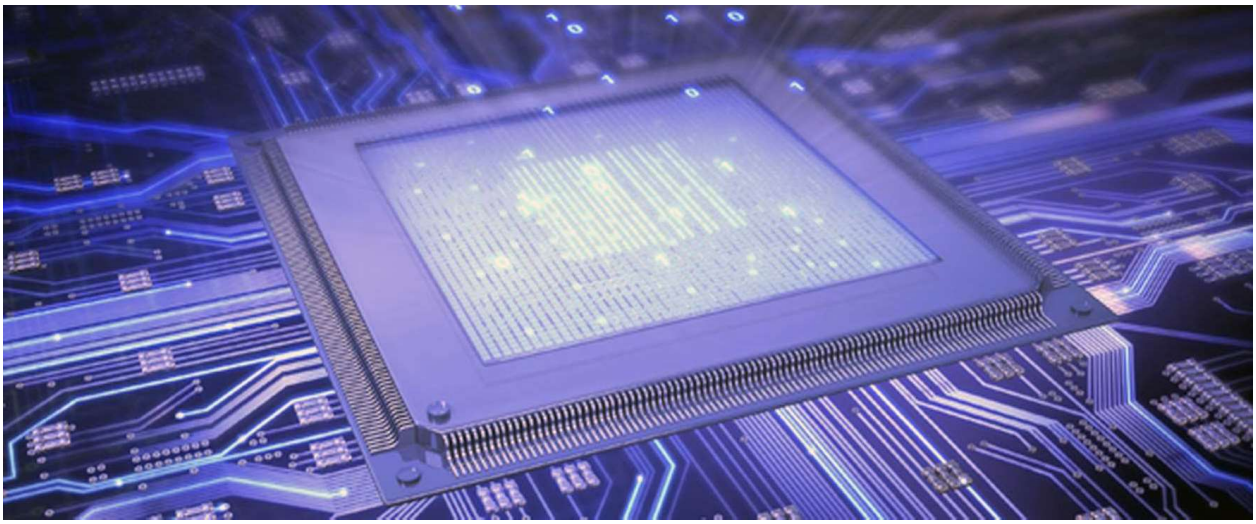


ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 629.5.01
EDN WNIQRO

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ФОРМАТА ASF КАК РАСШИРЕНИЯ СТАНДАРТА OCX ДЛЯ ЦИФРОВОГО ОБМЕНА 3D-МОДЕЛЯМИ И КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ В РОССИЙСКОМ СУДОСТРОЕНИИ

А.А. Константинов, ведущий маркетинг-менеджер, ООО «АСКОН-Системы проектирования», 199155 Россия, Санкт-Петербург, ул. Одоевского, 5А, e-mail: konstantinov_aa@ascon.ru
А.В. Модиевский, архитектор «Цифровой платформы судостроения», ООО «АСКОН-Системы проектирования», 199155 Россия, Санкт-Петербург, ул. Одоевского, 5А, e-mail: modievskii_av@ascon.ru
А.С. Петров, директор департамента развития отраслевых решений для судостроения, ООО «АСКОН-Системы проектирования», 199155 Россия, Санкт-Петербург, ул. Одоевского, 5А, e-mail: petrov@ascon.ru
А.Ю. Захаров, начальник управления технической экспертизы, Российский морской регистр судоходства, 191186 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: zaharov.ay@rs-class.org

В статье описана актуальная проблема разработки и согласования конструкторской (в перспективе технологической/производственной/эксплуатационной) документации между проектантами, верфями и классификационными обществами и проанализирована эволюция электронных форматов обмена данными. Показан мировой и отечественный опыт внедрения и активного использования на различных проектах стандартов форматов обмена в 3D, в том числе подробно описывается формат OCX (Open Class 3D Exchange), разработанный в ходе международного проекта APPROVED (2016–2019), инициированного классификационным обществом DNV (Det Norske Veritas). Сравниваются различные форматы обмена данными в 3D, которые используются отечественной судостроительной промышленностью в настоящий момент и в ближайшем будущем. Описываются недостатки использования, временные и семантические потери согласования 2D-документов при том, что судостроительная отрасль активно применяет 3D-инструменты. Также обосновываются перспективы, примеры использования и предпосылки создания отечественного расширенного формата ASF (Advanced Shipbuilding Format), разрабатываемого на основе международного формата OCX компанией «АСКОН» при консультативном участии классификационного общества Российский морской регистр судоходства для полного описания объектов морской техники, ускорения согласования и защиты конфиденциальной информации на этапах согласования проектной и конструкторской документации.

Ключевые слова: *форматы обмена данными в судостроении, формат OCX, формат ASF, универсальный 3D-формат обмена, 3D-САПР, интероперабельность.*

Для цитирования: Константинов А.А. К вопросу разработки отечественного формата ASF как расширения стандарта OCX для цифрового обмена 3D-моделями и конструкторской документацией в российском судостроении / А.А. Константинов, А.В. Модиевский, А.С. Петров, А.Ю. Захаров // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2026. — Т. 56, № 3. — С. 154–163. — EDN WNIQRO.

ON THE DEVELOPMENT OF THE DOMESTIC ASF FORMAT AS AN EXTENSION OF THE OCX STANDARD FOR DIGITAL EXCHANGE OF 3D MODELS AND DESIGN DOCUMENTATION IN RUSSIAN SHIPBUILDING

A.A. Konstantinov, Lead Marketing Manager, ASCON Design Systems, 199155 Russia, St. Petersburg, ul. Odoevskogo, 5A, e-mail: konstantinov_aa@ascon.ru
A.V. Modievsky, Architect, Digital Shipbuilding Platform, ASCON Design Systems, 199155 Russia, St. Petersburg, ul. Odoevskogo, 5A, modievskii_av@ascon.ru
A.S. Petrov, Director of the Shipbuilding Industry Solutions Development Department, ASCON Design Systems, 199155 Russia, St. Petersburg, ul. Odoevskogo, 5A, petrov@ascon.ru
A.Yu. Zakharov, Head of the Technical Expertise Department, Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: zaharov.ay@rs-class.org

The article addresses the current challenge of developing and coordinating design documentation (with future expansion to technological, production, and operational documentation) between designers, shipyards, and classification societies, and analyses the evolution of electronic data exchange formats. It presents global and domestic experience in the implementation and active use of 3D data exchange standards across various projects, including a detailed description of the OCX (Open Class 3D Exchange) format, which was developed as part of the international APPROVED project (2016–2019) initiated by the classification society DNV (Det Norske Veritas). The article compares various 3D data exchange formats currently used and expected to be used in the near future by the domestic shipbuilding industry. It describes the drawbacks of using 2D documents, including time related and semantic losses during coordination, despite the shipbuilding sector's active adoption of 3D tools. Furthermore, the paper substantiates the prospects, use cases, and rationale for creating a domestic enhanced format — ASF (Advanced Shipbuilding Format) — based on the international OCX format. This format is being developed by ASCON with consultations from the classification society Russian Maritime Register of Shipping to enable a complete description of marine engineering objects, accelerate the approval process, and protect confidential information during the coordination of project and design documentation.

Key words: *data exchange formats in shipbuilding, OCX format, ASF format, universal 3D exchange format, 3D-CAD, interoperability.*

For citation: Konstantinov A.A., Modievsky A.V., Petrov A.S., Zakharov A.Yu. On the development of the domestic ASF format as an extension of the OCX standard for digital exchange of 3D models and design documentation in Russian shipbuilding. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. Vol. 56, No. 3. P. 154–163. EDN WNIQRO. (In Russ.)

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 1970-х гг. в судостроительной отрасли продолжается переход от ручного проектирования к использованию специализированного программного обеспечения [1–3]. В условиях четвертой промышленной революции (Industry 4.0) ключевыми факторами цифровой трансформации выступают необходимость адаптации к быстро меняющимся рыночным условиям, развитие самих цифровых технологий, открывающих возможности для оптимизации и инноваций, а также рост ожиданий заказчиков, переносящих потребительский опыт цифровой среды на профессиональную сферу [5, 6].

Значительное внимание в современной литературе уделяется концепции цифрового двойника (Digital Twin) [4–7]. Данная концепция была впервые сформулирована в 2003 г. в Мичиганском университете и получила дальнейшее развитие в работах Майкла Гривса. Цифровой двойник представляет собой взаимосвязанную систему, состоящую из физического объекта, его виртуальной модели и канала обмена данными между ними [8]. Несмотря на активное развитие концепции, ее практическое применение в судостроении остается ограниченным ввиду высокой сложности судна как технической системы [8–10].

Использование 2D-чертежей и их «цифровых» представлений в виде PDF при согласовании документации для объектов морской техники, спроектированных в 3D, является не самым современным вариантом, незначительно ускоряет процессы согласования и создает определенные риски. При таком подходе неизбежна потеря критически важной пространственной информации о взаимном расположении и пересечениях сложных систем. А распространенный в общем машиностроении формат данных (STEP) просто не способен корректно передать инженерную логику — топологические зависимости между элементами. Это противоречит самой логике сквозного цифрового проектирования, замедляя процесс, увеличивая стоимость изменений. Количественные исследования, проведенные для Meyer Turku, показывают, что при передаче модели через STEP может теряться до 60–80 % семантической информации, а по критически важным критериям (топология, метаданные, возможность редактирования) его эффективность падает до ~10 %, что делает процесс передачи с использованием этого формата экономически нецелесообразным. Кроме того, актуальными задачами остаются наследование данных из различных

зарубежных САПР, которые были разработаны отечественными КБ за долгие годы, а также долговременное хранение проектов судов и кораблей, срок эксплуатации которых может достигать 50 и более лет.

Процесс проектирования судов представляет собой сложную, продолжительную и итеративную процедуру. Согласно классической модели, предложенной Дж. Харви Эвансом в 1959 г., на начальных этапах общего проектирования существует значительное количество неопределенных параметров, в частности полная масса судна, оказывающих существенное влияние на последующие проектные решения. В связи с этим возникает необходимость формулирования обоснованных допущений с их последующим уточнением по мере накопления данных. Для формализации данного процесса была разработана концепция спирали проектирования судна (ship design spiral) — итеративной модели, в рамках которой каждый последующий виток обеспечивает приближение проекта к окончательному техническому решению [1, 3].

В зависимости от уровня детализации традиционно выделяют четыре основные стадии проектирования судна:

1) концептуальное проектирование, в рамках которого определяются главные размерения судна, выполняются расчеты надводного борта и других ключевых параметров в соответствии с требованиями заказчика;

2) базовое проектирование (Basic Design), включающее разработку формы корпуса, предварительное проектирование набора корпуса и чертежи аутфиттинга; на данной стадии критически важные проектные документы подлежат утверждению классификационными обществами;

3) детальное проектирование, в ходе которого разрабатываются подробные чертежи всех систем судна, уточняются скантлинги конструктивных элементов и выполняются необходимые инженерные расчеты;

4) производственное проектирование, направленное на подготовку технологической документации для строительства судна, включая карты раскроя, сборочные чертежи и спецификации материалов.

В реализации судостроительного проекта участвует широкий круг заинтересованных сторон (стейкхолдеров), обладающих зачастую противоречивыми интересами: судовладелец, судостроительная верфь, проектная организация, классификационные общества, субподрядчики, финансовые институты, страховые компании и органы государственного надзора. Учитывая многоцелевой характер эксплуатации судов в течение жизненного цикла, проектировщик обязан обеспечивать баланс между конфликтующими требованиями и принимать компромиссные технические решения.

Цель статьи — научно обосновать необходимость и целесообразность перехода российской судостроительной отрасли на единый семантический 3D-формат обмена данными и представить разработку отечественного расширенного формата ASF (Advanced Shipbuilding Format) как оптимального решения для цифровизации процессов согласования конструкторской документации, обеспечения технологического суверенитета и поддержки полного жизненного цикла объектов морской техники.

Задачи статьи:

- выявить и систематизировать ключевые проблемы существующей системы согласования конструкторской документации в судостроении при использовании 2D-чертежей, PDF и нейтральных форматов (STEP);
- проанализировать международный опыт внедрения стандарта OCX (Open Class 3D Exchange), включая его архитектуру, преимущества и ограничения;
- обосновать необходимость расширения функциональности OCX для полного описания судна (корпус, системы, оборудование, метаданные);
- описать концепцию, архитектуру и ключевые преимущества отечественного формата ASF как расширения OCX, адаптированного к требованиям российского судостроения и Российского морского регистра судоходства (далее — Регистр);
- сформулировать сценарии применения ASF и рассмотреть его стратегическое значение для цифровой трансформации отрасли.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Повышение эффективности и сокращение временных и финансовых затрат в судостроении достигается за счет применения специализированных программных комплексов. Согласно существующей классификации, программные средства проектирования подразделяются на четыре основные категории: системы компьютерного синтетического моделирования (CASM), системы автоматизированного проектирования (CAD), системы автоматизированного инженерного анализа (CAE) и системы автоматизированного технологического проектирования (CAM).

Одним из наиболее широко используемых программных комплексов является NAPA, применяемый на протяжении более 35 лет на всех стадиях проектирования судна. NAPA Designer обеспечивает возможности

трехмерного моделирования формы корпуса, выполнения гидростатических и гидродинамических расчетов, а также структурного проектирования (NAPA Steel). К числу ключевых преимуществ комплекса относятся автоматическая генерация конечно-элементной сетки, интеграция с инструментами проверки соответствия правилам классификационных обществ, поддержка совместной работы через модуль NAPA Viewer и совместимость с различными форматами CAD-данных.

Семейство программ ODYSS (Регистр). ODYSS HULL 2D предназначен для проверки конструкций корпуса судна на соответствие требованиям Правил Регистра, а также Общим правилам по конструкции и прочности навалочных судов и нефтяных танкеров (CSR). ODYSS HULL 3D позволяет выполнять МКЭ расчеты в соответствии с CSR, имеет обширные инструменты для подготовки моделей к расчету, пре- и постпроцессинга. Для импорта конечно-элементных моделей используются файлы с расширениями *.dat, *.bcl, *.bdf, *.nas, содержащие модель в формате Nastran.

Nauticus Hull (DNV) представляет собой специализированное программное обеспечение, предназначенное для прочностного анализа корпусных конструкций в соответствии с правилами DNV и Общими конструктивными правилами IACS. Комплекс включает модули Section Scantlings, Rule Check XL, 3D Beam, а также инструменты расчета усталостной прочности и позволяет работать как с двумерными сечениями, так и с полными трехмерными моделями.

Семейство программ MARS (Bureau Veritas) предназначено для применения структурных правил классификации стальных судов. Программные средства обеспечивают расчет геометрических характеристик поперечных сечений, оценку местной и общей прочности, а также усталостную прочность конструкций. Поддерживается импорт моделей из NAPA Designer и 3DExperience; для различных типов судов разработаны специализированные версии (MARS 2000, MARS Mili, MarsInland, MarsNG).

RulesCalc (Lloyd's Register) представляет собой инструмент верификации соответствия проекта правилам классификационного общества. Программное обеспечение позволяет выявлять несоответствующие элементы конструкции и оперативно вносить необходимые изменения уже на ранних стадиях проектирования.

Облачная платформа Veracity (DNV) обеспечивает цифровизацию процессов взаимодействия с классификационным обществом, включая управление проектами нового строительства, загрузку и согласование технической документации, а также поиск сертификатов.

Веб-инструмент Sesam Insight (DNV) предназначен для совместной работы со структурными моделями и результатами инженерного анализа. Поддерживаются форматы OCX, STEP и другие; реализована возможность визуализации различий между ревизиями моделей. Инструмент функционирует без установки специализированного desktop-приложения и обеспечивает единый источник достоверной информации для всех участников процесса.

Классификационные общества (далее — КО) являются важным звеном в цепочке проектирования и строительства судна.

При проектировании требуется рассмотрение проекта на соответствие требованиям правил и международных конвенций, а в процессе строительства — проверка соответствия судна одобренной документации. Поэтому для получения отраслью позитивного эффекта от внедрения единого формата обмена данными необходимо, чтобы КО также перешли на его использование.

В существующей системе обмена документацией в 2D-формате можно выделить следующие негативные эффекты:

- требуются дополнительные затраты со стороны КО или проектного бюро на создание моделей для проверки в специализированном расчетном ПО;
- нет возможности использовать автоматизированные инструменты проверок с учетом машиночитаемых требований, которые могут быть реализованы с использованием инструментов системной инженерии (MBSE), встроенных в системы управления жизненным циклом изделия;
- использование КО 2D-документации приводит к дополнительным материальным затратам и издержкам проектантов и верфей, вызванным необходимостью поддерживать параллельно два формата документации: 2D-чертежи и 3D-модели.

Однако существуют объективные причины, по которым КО до сих пор не могут перейти на рассмотрение 3D-моделей:

- КБ работают с разными САПР, использующими различные математические ядра для создания геометрии; как следствие, разнятся форматы данных, что затрудняет получение и автоматизированную обработку 3D-моделей и требований (атрибутов) к ним. КО не могут обеспечить работу своего ПО со всеми доступными форматами данных;
- не учитываются процедурные требования КО по контролю версионности моделей, выставленных замечаний, а также обеспечению простановки цифровых штампов или подписей;

- 3D-модели не обеспечивают возможность проверки требований по всем разделам правил КО (корпус, механизмы, системы, оборудование) в том объеме, в котором сейчас это обеспечивается в 2D-проектах.

Решение задачи создания универсального 3D-формата появилось в результате совместного международного проекта APPROVED (2016–2019) [1]. Этот проект объединил компетенции классификационного общества DNV с экспертизой мировых разработчиков решений для судостроения в области CAD/CAM-систем (AVEVA, Hexagon, Siemens, NAPA), дизайнерских компаний и верфей (Kongsberg Maritime, Ulstein, Chantiers de l'Atlantique), а также специалистов по внедрению 3D и PLM-систем (Digitread) [1, 2]. Результатом совместной работы стал стандарт Open Class 3D Exchange (OCX) — XML-формат для прямого обмена 3D-моделями между проектантами и КО, минуя этап двумерной растеризации и архивации в PDF.

В судостроительной отрасли задействовано значительное количество разнородных CAD/CAM/CAE-систем, что затрудняет обеспечение интероперабельности данных. Различают горизонтальный обмен данными (между CAD-системами) и вертикальный обмен (между CAD-системой и последующими приложениями — CAE или CAM). Основными проблемами обмена данными остаются потеря информации, статичность передаваемых данных, отсутствие синхронизации, а также сложность сохранения иерархической структуры, свойств и геометрической точности моделей.

Международный стандарт STEP (ISO 10303) обеспечивает обмен данными о продукте на протяжении всего жизненного цикла судна. Стандарт поддерживает представление информации о проектировании, производстве и эксплуатации; структура STEP-файла включает обязательные секции HEADER и DATA, а также опциональные секции ANCHOR и REFERENCE.

Язык XML (Extensible Markup Language) представляет собой стандартизированный W3C метаязык разметки, обеспечивающий гибкое и человекочитаемое описание структуры и семантики данных.

OCX (Open Class 3D Exchange) — открытый стандарт трехмерного обмена моделями, разработанный в 2016 г. по инициативе DNV в рамках совместного отраслевого проекта APPROVED. Основная цель стандарта заключается в обеспечении интероперабельности между различными CAD-системами судостроительных предприятий и классификационными обществами, а также в создании предпосылок для перехода от традиционного чертежного документооборота к цифровому утверждению на основе трехмерных моделей [6].

Информационная структура OCX построена в соответствии с принципами управления жизненным циклом изделия (PLM) и включает три основных слоя:

- Form («Что») — геометрическое описание, топология и материалы;
- Function («Почему») — функциональные атрибуты, ограничения и требования;
- Process («Как») — информация, связанная с процессами утверждения, управления изменениями, контроля и инспекции.

Стандарт OCX обеспечивает передачу как обобщенной, так и детализированной геометрии, поддерживает использование общепринятых судостроительных понятий (панели, стрингеры, кницы, вырезы и др.), таксономию несущих конструкций, каталоги материалов и профилей, а также метаданные. Программный комплекс NAPA обладает возможностью импорта OCX-файлов с разделением на категории «структуры», «отсеки» и справочные данные.

Сравнительный анализ показал, что формат OCX существенно превосходит STEP по таким критериям, как передача иерархической структуры, метаданных, геометрической точности и удобства использования в контексте процедур утверждения проекта КО. Позднее, в 2021 г., был создан консорциум OCX (более 38 компаний-участников), который взял на себя роль владельца и администратора стандарта. Консорциум включает все крупные КО (DNV, Lloyd's Register, Bureau Veritas, ClassNK, RINA, Türk Loydu), ведущих поставщиков CAD-систем (NAPA, Cadmatic, AVEVA, Siemens), проектно-конструкторские бюро и верфи (Meyer Turku, Fincantieri, Ulstein Design & Solutions и др.) и системных интеграторов.

Формат OCX прошел успешное тестирование на реальных проектах. VARD (норвежская проектно-судостроительная компания, входящая в группу Fincantieri), NAPA и DNV представили результаты полностью цифрового обмена моделями при разработке танкера (VLCC): компания смогла сократить сроки проекта за счет исключения этапа создания 2D-чертежей и параллельной работы с классификатором. По данным представителей компаний, потенциальное сокращение сроков проекта составляет до 6–7 недель за счет раннего вовлечения КО в проект [3]. Damen Engineering продемонстрировала практическую эффективность OCX на примере разработки судна CSOV 9020, когда сотрудничество с DNV началось уже на стадии Design Proposal (самой первой стадии проекта), обеспечив параллельную работу обеих сторон на одной 3D-модели без необходимости подготовки 2D-документации [2–4]. КО официально признали OCX и интегрировали стандарт в свои процессы утверждения: DNV создало облачную платформу для 3D Model-Based Approval с автоматизированной валидацией правил [1]; Bureau Veritas разработало веб-платформу Veristar Project Management с интегрированным 3D-просмотром SMARTSHAPE для совместной работы в реальном времени [3]; Lloyd's Register и другие КО интегрировали поддержку OCX.

Архитектура OCX и ее ограничения

Формат OCX (Open Class 3D Exchange) — это открытый стандарт на основе XML, разработанный консорциумом специально для обмена комплексными 3D-моделями и сопутствующими данными в морской и offshore-отрасли. Он позволяет передавать не только геометрию (в виде B-Rep, поверхности, сетки), но и богатые семантические атрибуты, классификацию объектов, свойства материалов и метаданные, что делает его полноценной заменой 2D-чертежам и простым нейтральным форматам.

Актуальная версия стандарта OCX, будучи прорывом для цифрового обмена в судостроении, все же имеет существенное ограничение на момент написания этой статьи: она в основном фокусируется на общепроектных данных и информации по корпусным конструкциям. Для полноценной реализации концепции сквозного цифрового проекта PLM в судостроении критически необходимо расширение формата. Требуется развитие спецификаций OCX для всеобъемлющей передачи данных по всем инженерным специализациям: системам трубопроводов, вентиляции (HVAC), электроснабжения и автоматики, общесудовому оборудованию и архитектурным решениям. Это позволит создать единую информационную модель объекта, устраняя «разрывы» данных между разными дисциплинами на всех этапах жизненного цикла.

ASF как расширение OCX для полного описания судна

Важно понять, что происходит в российском судостроении с 3D-форматами обмена. Как показывает экспертная оценка, за годы активного использования зарубежных судостроительных 3D-САПР в отечественной отрасли единый формат обмена не появился. В зависимости от ситуации используются различные варианты как нейтральных форматов (STEP, JT), так и проприетарных в рамках использования судостроительных САПР AVEVA, Cadmatic, Foran. В интервью журналу «Корабел.ру» первый глава Объединенной судостроительной корпорации Юрий Федорович Яров отметил: «…к примеру, в то время не существовало единого формата обмена данными между конструкторскими бюро и заводами. КБ работали на одном программном обеспечении, а предприятия — на другом. Так, в частности, было на "Северной верфи" и в Северном ПКБ. Чтобы не терять время и деньги, конструкторские бюро и предприятия должны разговаривать на одном языке. Вот такие моменты корпорация и планировала отрегулировать…» [5]. К сожалению, данная работа не привела к практическому результату для отрасли, несмотря на различные попытки, например проект «Адаптация» в рамках государственной программы «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 годы».

С учетом большого опыта разработки различных форматов обмена данных для САПР, в рамках разработки на протяжении уже 31 года математического ядра C3D, единственного в странах БРИКС (также оно входит в число четырех математических ядер подобного класса в мире наряду с решениями из США, Германии и Франции), компания «АСКОН» при консультативном участии Регистра начала работу над расширением формата OCX в части добавления возможности использования по всем специализациям и дисциплинам. Разрабатываемый формат получил название ASF — Advanced Shipbuilding Format. Он напрямую наследует базовую XML-структуру и принципы OCX, расширяя его оригинальную схему новыми объектами и атрибутами. Это гарантирует полную обратную совместимость: существующие инструменты для чтения, валидации и просмотра OCX-файлов корректно работают с данными в формате ASF, обеспечивая преемственность. Ключевым усовершенствованием является целенаправленная адаптация формата для глубокой интеграции с российским программным обеспечением, что позволяет полноценно включать в цифровой обмен данные всех проектных дисциплин в рамках отечественной технологической цепочки.

В условиях цифровой трансформации судостроительной отрасли и необходимости обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации универсальный открытый формат обмена данными ASF представляет собой перспективный инструмент стандартизации обмена структурированной технической информацией на всех этапах жизненного цикла судна. Актуальность его внедрения обусловлена рядом системных проблем, характерных для отечественного судостроения.

1. Обеспечение технологического суверенитета и информационной безопасности.

Современное российское судостроение использует широкий спектр CAD/CAM/PLM-систем как отечественного, так и зарубежного происхождения. Накопленные за десятилетия массивы проектной документации хранятся в несовместимых форматах, что создает риски потери данных при смене программного обеспечения или при ограничении доступа к иностранным технологиям.

Формат ASF, разрабатываемый с учетом требований Регистра, позволяет создать независимый от конкретных вендоров механизм обмена 3D-моделями и метаданными. В отличие от проприетарных форматов иностранных САПР, ASF обеспечивает возможность полного контроля над структурой данных внутри страны, что соответствует требованиям по защите информации и импортозамещению критических технологий. Это особенно важно в контексте жизненного цикла судов, достигающего 40–50 лет.

2. Повышение интероперабельности между участниками отрасли.

Одной из ключевых проблем современной судостроительной кооперации является отсутствие единого стандарта обмена данными между проектными организациями, верфями, поставщиками оборудования и классификационными обществами. Разнородность используемых систем приводит к необходимости многократной конвертации моделей, потере информации и появлению ошибок.

ASF, подобно международному стандарту OCX, ориентирован на передачу не только геометрии, но и функциональных атрибутов, таксономии конструкций, метаданных и информации об утверждении. Это позволяет организовать сквозной цифровой обмен между различными российскими и дружественными CAD-системами без существенной потери данных. В результате сокращаются сроки согласования проектной документации и уменьшается объем ручного труда по восстановлению информации.

3. Поддержка цифрового двойника и управления жизненным циклом судна.

Современные подходы к судостроению предполагают создание цифрового двойника судна как единой машиночитаемой модели, объединяющей геометрию, технические характеристики, эксплуатационную документацию, регламенты технического обслуживания и ремонта (ТОиР), а также каталоги запасных частей.

Формат ASF обладает потенциалом стать основой для формирования такой единой цифровой модели на протяжении всего жизненного цикла судна — от концептуального проектирования до утилизации.

Подобный подход соответствует глобальным тенденциям цифровизации морской отрасли и позволяет российским компаниям интегрироваться в международные цепочки поставок при сохранении контроля над данными.

4. Оптимизация процессов классификационного надзора и утверждения проектов.

Аналогично формату OCX, ASF может обеспечить переход к модели 3D-модельно-ориентированного утверждения (Model-Based Design Approval). Это позволит Регистру и другим отечественным классификационным обществам работать непосредственно с трехмерными моделями, минуя промежуточные преобразования в 2D-чертежи. Ожидаемый эффект включает:

- сокращение количества итераций согласования;
- снижение вероятности ошибок интерпретации;
- ускорение процедур утверждения проектов.

В условиях роста объемов государственного оборонного заказа и гражданского судостроения такое сокращение сроков проектирования и строительства имеет существенное экономическое значение.

Чтобы продемонстрировать важность формата ASF для отечественной судостроительной промышленности, в табл. 1 представлена доказательная база в цифрах и фактах. По всем критическим параметрам OCX и ASF превосходят существующие машиностроительные и строительные альтернативы. Судостроительная семантика: STEP — частично, IFC — нет, OCX/ASF — полностью. Поддержка классификационных обществ: STEP — низкая, IFC — не применимо, у OCX — есть, ASF — планируется поддержка Регистра. Скорость внедрения: STEP требует 3–5 лет, OCX/ASF — 6–12 месяцев. Охват дисциплин: OCX покрывает корпус, ASF в перспективе — полное судно со всеми системами. Это результаты реальных внедрений компаний Damen, NAPA, DNV, Bureau Veritas.

Таблица 1

Критерий/Название формата	STEP:ISO 10303-215/218	IFC 4.3	SDMX/ТороXML/ XPG*	OCX 3.1.0	ASF
Судостроительная онтология	Частично	Нет	Нет	Полная	Полная +
Наследование параметров	Нет	Частично	Нет	Да	Да +
Охват дисциплин	Корпус	Здания	Графические примитивы	Корпус	Полное судно
Безопасность	Нет	Нет	Нет	Да	Да
Открытость формата	Да (ISO)	Да	Да/Да/Нет	Да	В разработке, 2026
Реальные внедрения в отрасли	Да	0	0	50 +	0
Долговечность	Да	Да	Да	Да	Да

*Отечественные форматы, предложенные разработчиками в ПГС на основе собственного опыта.

Сценарии применения ASF

Представленные четыре сценария применения ASF формируют сквозную цифровую цепочку данных на всех этапах жизненного цикла судна. Рассмотрим их подробнее.

1. Согласование с КО: ASF кардинально ускоряет процедуру одобрения, так как содержит полное цифровое описание судна (корпус, системы, каталоги оборудования) в едином машиночитаемом файле. Это позволяет отказаться от трудоемкой подготовки промежуточной 2D-документации (в форматах PDF, DWG), обеспечивает параллельную работу проектировщиков и экспертов КО (например, Регистра). Опыт использования предшественника (OCX) показывает потенциальное сокращение сроков согласования на несколько недель.

2. Универсальный формат для долговременного архивного хранения: благодаря открытой, документированной XML-структуре ASF обеспечивает сохранение цифровых данных судна на весь его жизненный цикл. В отличие от закрытых проприетарных форматов CAD-систем, которые привязаны к конкретным версиям ПО, или растровых образов (PDF/DWG), ASF остается читаемым, интерпретируемым и технологически нейтральным форматом, что гарантирует доступность информации для будущих поколений.

3. Нейтральный формат для обмена между CAD и CAE-системами: ASF решает ключевую проблему интероперабельности в гетерогенной IT-среде, позволяя передавать проект между различными САПР (NAPA, Cadmatic, AVEVA, КОМПАС-3D и др.) и расчетными CAE приложениями (например ПО Pradis для 1D-моделирования) с минимальными потерями. Исследование Lappeenranta-Lahti University (2022) подтверждает, что при использовании классического формата STEP теряется 60–80 % семантической информации, тогда как специализированный формат OCX сохраняет до 97 % данных [6]. ASF, как его расширение, наследует это преимущество. Это позволит также решить задачу наследования данных в редактируемом виде (!) из зарубежных САПР в отечественные системы для наследования огромного количества проектов разработанных отечественными КБ за долгие годы использования зарубежных САПР.

4. Фундамент для полноценного использования PLM и MBSE, цифрового двойника (Digital Twin): модель в формате ASF, содержащая богатые семантические атрибуты, служит хорошей основой для использования в рамках PLM и MBSE (Model-Based Systems Engineering) для автоматической валидации данных в рамках машиночитаемых требований, в том числе обширных требований Регистра.

5. Защита коммерческой тайны и конфиденциальности: открытая XML-структура ASF, будучи ключевым преимуществом для интероперабельности, требует надежных механизмов защиты интеллектуальной собственности и коммерческой тайны. Без них существует риск восстановления из файла параметрической логики конструкции и ключевых проектных решений, что недопустимо при передаче данных субподрядчикам и КО или при долговременном архивировании. В представленной системе защита конфиденциальной информации реализуется посредством механизма селективного шифрования на базе инфраструктуры открытых ключей (PKI), что обеспечивает гибкий баланс между безопасностью и производительностью. Суть подхода заключается в том, что шифрованию подвергаются не все данные документа, а только отдельные семантически значимые элементы, содержащие конфиденциальную информацию, в то время как метаданные и структурные компоненты остаются доступными для индексации и предпросмотра. Применение асимметричных алгоритмов обеспечивает надежную защиту: даже при компрометации канала передачи данных злоумышленник не сможет получить доступ к содержимому без соответствующего закрытого ключа. Такой подход соответствует современным требованиям информационной безопасности и позволяет интегрировать решение в корпоративные системы, уже использующие стандартные механизмы управления цифровыми удостоверениями.

Для решения задачи безопасности формат ASF поддерживает встроенные многоуровневые механизмы безопасности.

1. Два уровня детализации геометрии. ASF позволяет экспортировать геометрию как в полном параметрическом виде (размеры, типы сечений, формулы), необходимом для производства, так и в виде агрегированных контуров. Это позволяет выгружать информацию, достаточную для проверки прочности и соответствия правилам, полностью защищая исходную параметрическую модель и конструкторский замысел. Проектант контролирует, какой уровень детализации получает каждая сторона.

2. Селективное шифрование на основе PKI (Public Key Infrastructure). Формат поддерживает асимметричное шифрование с использованием сертификатов X.509. Это позволяет зашифровать различные разделы одного ASF-файла разными открытыми ключами. Например, КО может расшифровать только блоки, относящиеся к корпусу для валидации, в то время как параметрические справочники и данные о поставщиках останутся для него недоступными без приватного ключа верфи.

3. Выборочное редактирование (Selective Redaction). Перед передачей данных можно программно исключить из модели конфиденциальные атрибуты: коммерческие наименования поставщиков, технологические допуски, специфические коды сборки, внутренние расчетные коэффициенты. При этом основная геометрия и инженерные свойства сохраняются в полном объеме для целей классификации и будущего технического обслуживания судна.

Результат: эти механизмы обеспечивают гибкое управление доступом к информации, позволяя безопасно интегрировать ASF в сложные цепочки сотрудничества, не раскрывая ноу-хау и коммерческие секреты разработчика.

Таблица 2

Метод	Конфиденциальность	Интероперабельность	Долговечность
Бумага + 2D-чертежи	Физическая защита	Нет	Столетия
PDF (2D-растр)	Нет	Нет	~20 лет
STEP/IGES (бинарный)	Нет	Умеренная	~10 лет
OCX (XML, открытый)	Низкая (читаемая структура)	Хорошая	Вечная
ASF + PKI + Redaction	Высокая (гибридный подход)	Отличная	Вечная

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход от документоориентированного обмена к управлению структурированными семантическими 3D-данными является объективной необходимостью современной судостроительной отрасли. Международный опыт внедрения стандарта OCX убедительно доказал, что использование специализированных форматов позволяет существенно сократить сроки согласования проектов, повысить автоматизацию проверок, исключить промежуточные 2D-чертежи и обеспечить раннее вовлечение классификационных обществ в процесс проектирования [1–4].

Разработка отечественного формата ASF представляет собой логичное и стратегически обоснованное развитие этой концепции применительно к российским условиям. ASF не только наследует все преимущества OCX, но и существенно расширяет его возможности за счет охвата всех инженерных дисциплин, встроенных механизмов защиты интеллектуальной собственности (селективное шифрование на базе PKI, выборочное редактирование, двухуровневое представление геометрии) и ориентации на интеграцию с российскими САПР и системами Регистра.

При этом опыт использования зарубежными классификационными обществами различных информационных систем для ускорения и согласования проектов показывает, что Регистр, планируя переход от приемки документации из 2D в 3D и осуществляя консультации и дальнейшее развитие формата ASF совместно с отечественными разработчиками, движется в правильном направлении.

Таким образом, внедрение формата ASF позволит решить ключевые задачи отрасли — КБ, заводов, квалификационных обществ и регуляторов: обеспечить технологическую независимость, повысить интероперабельность между участниками кооперации, создать основу для цифровых двойников и сквозного применения технологий PLM и MBSE, повысить скорость и качество передачи на последующие этапы жизненного цикла, включая послепродажное обслуживание и ремонт, а также гарантировать долговременную сохранность и доступность 3D-данных на протяжении всего жизненного цикла судна. Таким образом, ASF выступает не просто как формат обмена файлами, а как стратегический инструмент цифровой трансформации российского судостроения, способный существенно повысить его конкурентоспособность, скорость выпуска новых изделий и последующего ремонта объектов морской техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов А.Н. Оптимизация процесса информационного обмена между проектантом и заводом-строителем в части передачи и погашения предварительных извещений / А.Н. Попов, С.А. Никифоров, С.А. Гейко // Судостроение. — 2022. — № 1 (860). — С. 24–25. — EDN SDBIEX.
2. Туричин Г.А. Проект глубокой модернизации АО «Онежский судостроительно-судоремонтный завод» в целях создания «цифровой верфи» / Г.А. Туричин, В.Н. Киреев, А.В. Березовский, Н.К. Трубецкой, А.А. Васильев // Судостроение. — 2021. — № 5 (858). — С. 80–87. — DOI 10.54068/00394580_2021_5_80. — EDN PPAASC.
3. Таровик О.В. Обзор развития теории проектирования судов и обсуждение перспектив создания цифровых проектных решений / О.В. Таровик // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 79. — С. 124–136. — EDN PELJHW.
4. Казунин Д.В. Разработка проекта требований РС к автономным судам / Д.В. Казунин, В.В. Ефимов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2020. — № 60/61. — С. 4–22. — EDN OSEZSW.
5. Братухин О.И. Уточнение задачи проектирования судов и кораблей в новой парадигме / О.И. Братухин, М.В. Войлошников, Е.М. Грамузов, Ю.Г. Рыбалкин // Судостроение. — 2025. — № 4 (881). — С. 36–39. — EDN WRTFRA.
6. Таровик О.В. Концепция и программная реализация цифрового двойника проекта судна на ранних стадиях проектирования / О.В. Таровик, А.В. Косоротов, М.О. Матаруев, А.А. Бахарев, А.Б. Крестьянцев // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 80. — С. 137–155. — EDN VUUQGK.
7. Суслов А.Н. Формирование помещений в системах автоматизированного проектирования судна / А.Н. Суслов, О.В. Одегова, Д.В. Сафронов // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2024. — № 77. — С. 80–86. — EDN PVOKDG.
8. Grieves M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication / M. Grieves. — 2015.
9. Ефросимов К.А. Современное состояние и перспективы крупнотоннажного судостроения и производства малооборотных судовых двигателей в России / К.А. Ефросимов, Е.О. Ольховик, Р.В. Кузнецов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2026. — Т. 18, № 3. — С. 436–451. — EDN MQEYBT. — DOI 10.21821/2309-5180-2026-18-3-436-451.
10. Живлюк Г.Е. Энергоэффективность судов современного коммерческого флота: инструменты регулирования и методы достижения / Г.Е. Живлюк, А.П. Петров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. — 2024. — Т. 16, № 2. — С. 301–317. — DOI 10.21821/2309-5180-2024-16-2-301-317. — EDN EJFORQ.

REFERENCES

1. Popov A.N., Nikiforov S.A., Geiko S.A. Optimizatsiya protsessa informatsionnogo obmena mezhdu proektantom i zavodom-stroitelem v chasti peredachi i pogasheniya predvaritel'nykh izveshchenii [Optimization of data exchange process between design company and production company for submission and processing of preliminary notices]. *Sudostroenie [Shipbuilding]*. 2022. No. 1 (860). P. 24–25. EDN SDBIEX.
2. Turichin G.A., Kireev V.N., Berezovsky A.V., Trubetskoy N.K., Vasiliev A.A. Proekt glubokoi modernizatsii AO "Onezhskii sudostroitel'no-sudoremontnyi zavod" v tselyakh sozdaniya «tsifrovoi verfi» [Overhaul design of “Onega shipyard” for establishment of "digital shipyard"]. *Sudostroenie [Shipbuilding]*. 2021. No. 5 (858). P. 80–87. DOI 10.54068/00394580_2021_5_80. EDN PPAASC.
3. Tarovik O.V. Review of the evolution of ship design theory and discussion of the prospects of digital design solutions. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 79. P. 124–136. EDN PELJHW. (In Russ.)
4. Kazunin D.V., Efimov V.V. Development of draft RS requirements for autonomous vessels. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2020. No. 60/61. P. 4–22. EDN OSEZSW. (In Russ.)
5. Bratukhin O.I., Voiloshnikov M.V., Gramuzov E.M., Rybalkin Yu.G. Definition of ship and vessels design in frames of new paradigm. *Sudostroenie [Shipbuilding]*. 2025. No. 4 (881). P. 36–39. EDN WRTFRA. (In Russ.)
6. Tarovik O.V., Kosorotov A.V., Mataruev M.O., Bakharev A.A., Krestyantsev A.B. Concept and software implementation of a digital sibling of a ship at early design stages. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 80. P. 137–155. EDN VUUQGK. (In Russ.)
7. Suslov A.N., Odegova O.V., Safronov D.V. Approaches for compartments modeling in ship CAD software. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2024. No. 77. P. 80–86. EDN PVOKDG. (In Russ.)
8. Grieves M. Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication. 2015.
9. Efrosimov K.A., Olkhovik E.O., Kuznetsov R.V. Current state and prospects of large-tonnage shipbuilding and low-speed marine diesel engine production in Russia. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2026. Vol. 18, No. 3. P. 436–451. DOI 10.21821/2309-5180-2026-18-3-436-451. EDN MQEYBT. (In Russ.)
10. Zhivljuk G.E., Petrov A.P. Energy efficiency of modern commercial fleet vessels: Regulatory tools and methods of achievement. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2024. Vol. 16, No. 2. P. 301–317. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-2-301-317. EDN EJFORQ.

Статья поступила в редакцию 07.05.2026.
Принята к публикации 08.09.2026.