

УДК 629.12 : 681.51

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ ПОДВОДНОГО АППАРАТА****Анистратова Валерия Владимировна¹**, аспирантe-mail: krupicheva.lera@mail.ru**Гневашев Ярослав Олегович¹**, аспирантe-mail: yaroslavgnevashev@mail.ru**Мурза Полина Андреевна¹**, аспирантe-mail: polina_murza@mail.ru**Некрасов Михаил Александрович¹**, магистрантe-mail: nekrasov.mikh@gmail.com¹ Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Россия

Аннотация. В статье рассматривается разработка информационной модели системы пространственной ориентации подводного аппарата с целью демонстрации возможности автоматизации ранних этапов разработки и создания высокоточных роботизированных образцов техники благодаря применению современных информационных технологий. Разработанная информационная модель может служить прототипом при создании системы пространственной ориентации высокоточных образцов подводной роботизированной техники.

Ключевые слова: подводный аппарат, пространственная ориентация, информационная модель, система управления, навигация.

**DEVELOPMENT OF AN INFORMATION MODEL FOR THE UNDERWATER
VEHICLE'S SPATIAL ORIENTATION CONTROL SYSTEM****Valeriya V. Anistratova¹**, Doctoral Studente-mail: krupicheva.lera@mail.ru**Yaroslav O. Gnevashev¹**, Doctoral Studente-mail: yaroslavgnevashev@mail.ru**Polina A. Murza¹**, Doctoral Studente-mail: polina_murza@mail.ru**Mikhail A. Nekrasov¹**, Master's Degree studente-mail: nekrasov.mikh@gmail.com¹ Saint-Petersburg State Marine Technical University, Russia

Abstract. The article examines the development of an information model for an underwater vehicle's spatial orientation system. The goal is to demonstrate the potential for automating the early stages of development and creating high-precision robotic equipment through the application of modern

information technologies. The developed information model can serve as a prototype for the creation of spatial orientation systems for high-precision underwater robotic equipment.

Keywords: underwater vehicle, spatial orientation, information model, control system, navigation.

Существующие технологии разработки образцов техники – CASE-технологии – включают набор способов и средств автоматизации таких как SADT (Structured Analysis and Design Technique), IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling), IDEF3 (Work Flow Diagrams), ERD (Entity Relationship Diagrams), позволяющих строить функциональные модели в виде соответствующих диаграмм, описывать потоки данных и работ в моделируемых системах, создавать логические и физические модели специальных баз данных и др. [1].

Однако, каждое из используемых для этого инструментальных средств решает лишь отдельные задачи автоматизации разработки сложной технической системы.

На стыковку отдельных результатов разработки затрачивается дополнительный ресурс, что снижает суммарный эффект от применения таких средств автоматизации.

Целью данной работы является создание методики трансформации моделей, полученных с использованием различных инструментальных средств автоматизации (ИСА) разработки систем в единое информационное пространство с высокой эффективностью применения ИСА на примере разработки информационной модели системы пространственной ориентации (СПО) подводного аппарата (ПА).

Предлагаемая методика трансформации моделей включает следующие этапы:

1. Проведение структурного анализа системы пространственной ориентации подводного аппарата и выделение основных функций системы.
2. Построение функциональной модели предметной области в нотации IDEF0 для описания существующего процесса разработки («как есть»).
3. Формирование целевой функциональной модели («как должно быть») с учетом требований автоматизации и интеграции данных.
4. Выделение информационных объектов и связей между ними, необходимых для поддержки жизненного цикла изделия.
5. Трансформация результатов функционального моделирования в структуру данных PLM-системы ADEM PDM.
6. Формирование единого информационного пространства разработки и управления жизненным циклом системы пространственной ориентации подводного аппарата.

Таким образом, методика обеспечивает переход от результатов структурного анализа и функционального моделирования к информационной модели изделия, реализуемой в среде PLM-системы.

Автоматизация процесса создания системы пространственной ориентации подводного аппарата требует проведения предварительного структурного анализа с целью обоснования изменений в прототипе для удовлетворения требованиям технического задания [2].

Модульный подход к разработке перспективных образцов техники приводит к появлению большого разнообразия изделий, функциональные возможности которых могут пересекаться и дублироваться. Для выбора конкретного образца необходимо использовать количественный критерий оценки эффективности выполненных исследований.

Структурный анализ предоставляет следующие разновидности критериев:

- стоимость затрат на реализацию отдельных этапов и разработки в целом;
- время, использованное на выполнение расчетов, моделирования, конструирования и технологическую подготовку производства образца техники.

Успешная работа в условиях жесткой конкуренции на мировом рынке современной техники требует от предприятий внедрения и практического использования CALS-технологий, обеспечивающих информационную поддержку всего жизненного цикла средств современной техники от этапов проектирования, разработки, изготовления, эксплуатации, регламентных и ремонтных работ до нецелевого применения и утилизации.

Современный подход к внедрению и использованию CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life-Cycle Support) предполагает реализацию этих технологий в следующих сферах:

- интеграция всех этапов жизненного цикла объекта (СПО ПА) на основе электронных моделей и представлений, используемых на каждом этапе;
- информационная поддержка процессов, происходящих при функционировании рассматриваемого объекта, на всех этапах жизненного цикла;
- применение международных стандартов для интеграции данных и их использования;
- организация выполнения проектов совместно с партнерами в соответствии с концепцией "виртуального предприятия".

Управление развивающимся конкурентоспособным производством не может основываться на статичной структуре информационных ресурсов. При использовании концепции CALS-технологий данная ситуация меняется. В этом случае основой информационной поддержки всех этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделия является идея интегрированной информационной модели изделия. Информационная модель изделия – формализованная модель информации, описывающей изделие на определенном этапе ЖЦ, формированию которой посвящен данный раздел.

Основной целью внедрения CALS-технологий является повышение эффективности и конкурентоспособности предприятия за счет существенного сокращения сроков освоения производства новых изделий, улучшения качества этих изделий и технической документации (в том числе эксплуатационной и ремонтной), представляемой в электронном виде, обеспечения высокого уровня сервиса и логистической поддержки на постпроизводственных стадиях ЖЦ. Далее представлено построение модели-прототипа системы пространственной ориентации ПА [3].

Для разработки информационной модели системы пространственной ориентации был проведен структурный анализ процесса определения параметров ориентации подводного аппарата с использованием методологии IDEF0. Цель анализа заключалась в выявлении функциональной структуры системы, информационных потоков и возможностей повышения точности определения параметров ориентации за счет внедрения дополнительных алгоритмов обработки данных.

На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса определения параметров ориентации в существующем варианте реализации («как есть»).

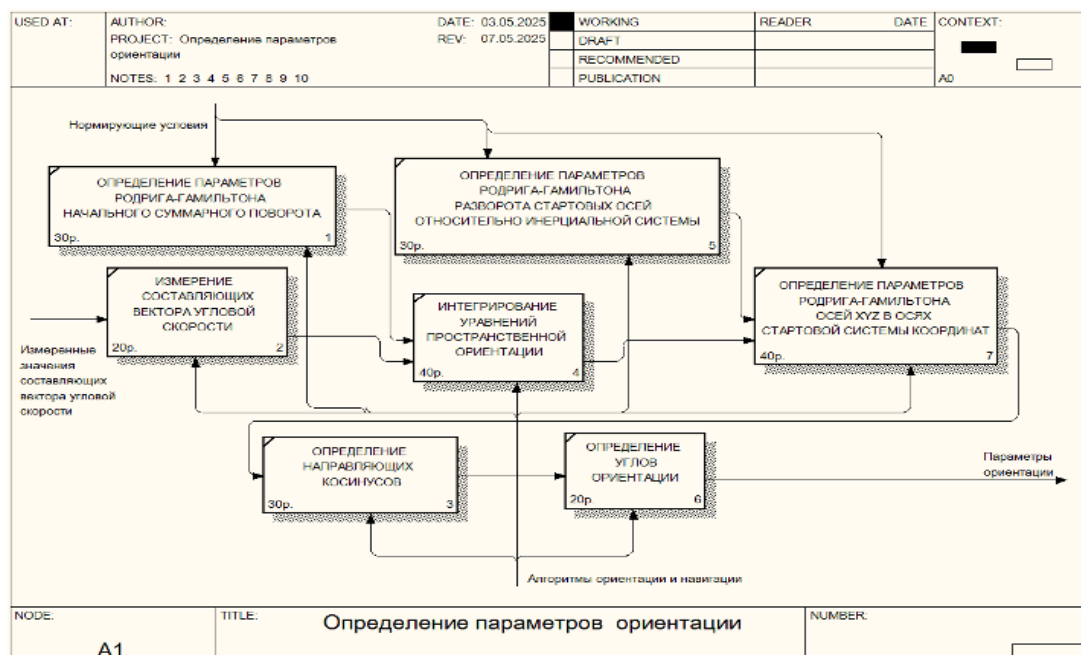


Рисунок 1 – Диаграмма декомпозиции определения параметров ориентации версии «как есть»

Анализ модели показал, что определение параметров ориентации осуществляется на основе измерения составляющих вектора угловой скорости, последующего интегрирования уравнений пространственной ориентации и вычисления углов ориентации. При этом отсутствует специализированная обработка измерительной информации, что может приводить к накоплению ошибок и снижению точности навигационных вычислений.

Для повышения качества определения параметров ориентации была разработана целевая функциональная модель процесса («как должно быть»), представленная на рисунке 2.

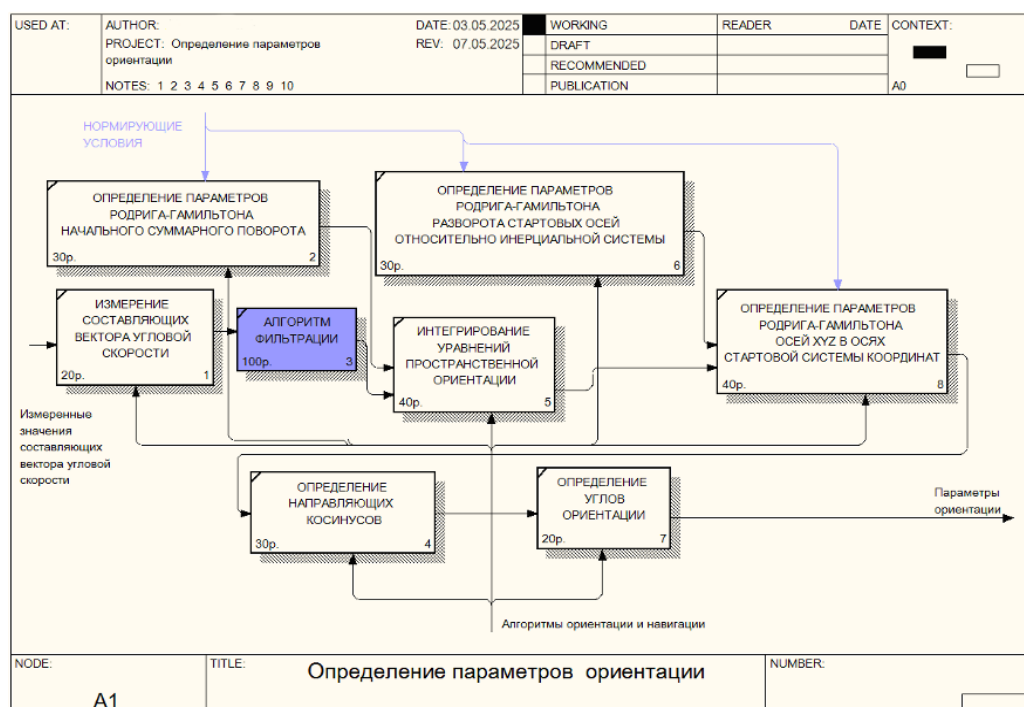


Рисунок 2 – Диаграмма декомпозиции определения параметров ориентации версии «как должно быть»

В отличие от исходной модели, в целевую структуру был введен дополнительный функциональный блок «Алгоритм фильтрации». Его назначение заключается в предварительной обработке измеренных значений составляющих вектора угловой скорости перед их использованием в дальнейших вычислениях. Введение данного этапа позволяет уменьшить влияние шумов измерений и повысить достоверность рассчитываемых параметров ориентации.

Для детализации предложенных изменений была выполнена декомпозиция процесса определения параметров ориентации, представленная на рисунке 3.

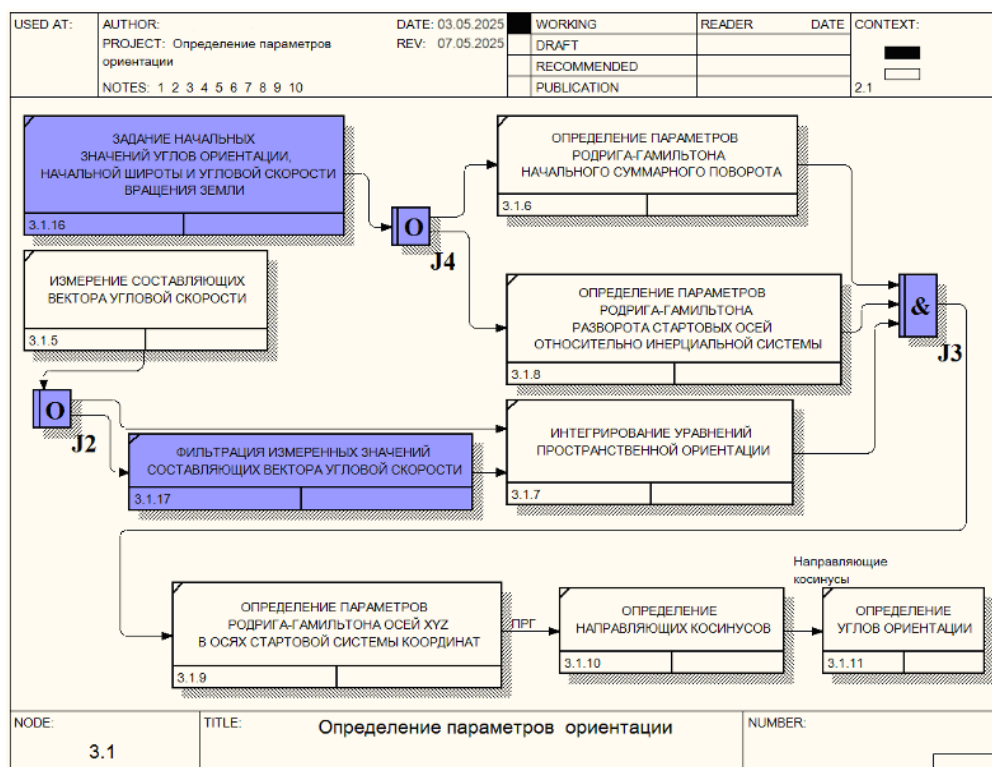


Рисунок 3 – Детализированная функциональная модель процесса определения параметров ориентации

Детализированная модель показывает последовательность обработки измерительной информации: задание начальных условий, измерение составляющих вектора угловой скорости, фильтрацию измеренных данных, вычисление параметров Родрига–Гамильтона, интегрирование уравнений пространственной ориентации.

В результате структурного анализа были выявлены основные функции процесса определения параметров ориентации подводного аппарата и предложено усовершенствование функциональной структуры путем включения алгоритма фильтрации измеренных значений составляющих вектора угловой скорости. Полученная функциональная модель была использована в качестве основы для формирования информационной модели системы в среде ADEM PDM.

Управление жизненным циклом системы пространственной ориентации подводного аппарата в среде управления жизненным циклом изделия. PLM – английская аббревиатура от Product Lifesycle Management, в переводе «управление жизненным циклом изделия». В целом же PLM – совокупность программных систем, методики их применения, а главное – людей, обладающих должной компетентностью. Концепция PLM предполагает, что создается единая информационная база, описывающая три краеугольные компоненты: Продукт – Процессы – Ресурсы и взаимосвязи между ними. Наличие такой объединенной

информационной модели обеспечивает возможность быстро, эффективно увязывать все эти три компонента, оптимизируя решение под заданные требования. Работа всех проектантов, конструкторов, технологов с единой моделью обеспечивает снижение издержек на многочисленные согласования, неизбежные при традиционной технологии работы, и исключает наличие дублирующих или взаимоисключающих документов.

Для реализации информационной модели системы пространственной ориентации подводного аппарата в соответствии с предложенной методикой (этап 5) была выбрана отечественная PLM-система ADEM PDM. Данная система обеспечивает возможность управления составом изделия, конструкторско-технологической документацией, процессами согласования и утверждения, а также правами доступа пользователей.

На рисунке 4 представлен основной функционал системы ADEM PDM Explorer, который включает модули для работы с составом изделия, документацией, задачами, календарным планированием и настройками системы.

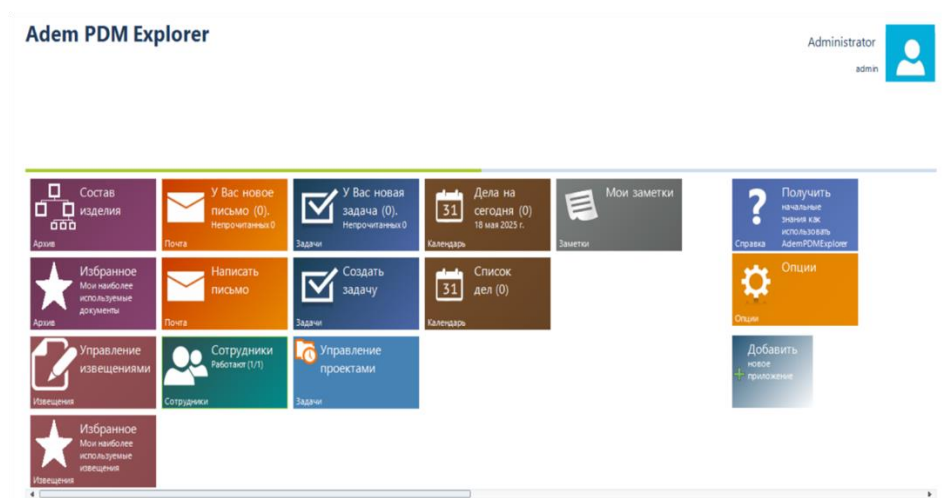


Рисунок 4 – Функционал ADEM PDM

На основе результатов структурного анализа (рис. 1-3) и выделенных информационных объектов (этап 4 методики) была сформирована структура данных в ADEM PDM. На рисунке 5 показана разработанная информационная модель системы пространственной ориентации подводного аппарата, включающая следующие основные компоненты:

- исследовательские алгоритмы системы пространственной ориентации;
- исследовательские программы СПО;
- параметры исследуемых объектов (OBJECT);
- задачи моделирования углов крена, дифферента и курса;
- функциональные модели в нотации IDEF0;
- технические задания и исходные данные проекта.

Структура архива отражает иерархию информационных объектов и связей между ними, обеспечивая целостность данных на всех этапах жизненного цикла системы в соответствии с концепцией CALS-технологий.

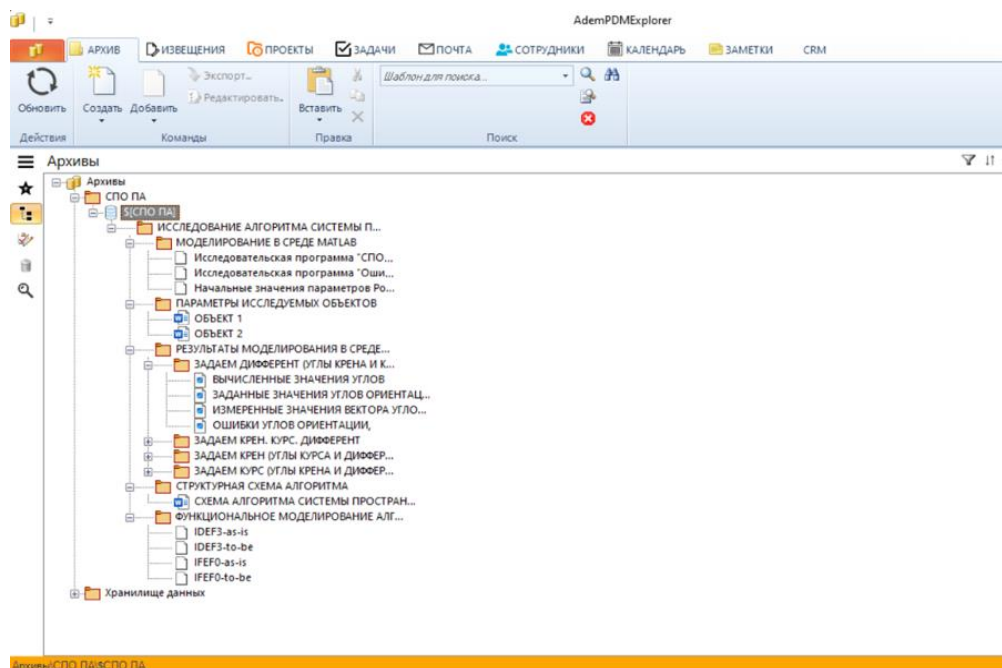


Рисунок 5 – Модель, разработанная в ADEM PDM

Важным аспектом управления информационной моделью в PLM-системе является разграничение прав доступа участников проекта к различным компонентам системы (этап 6 методики). На рисунке 6 представлен интерфейс установления прав доступа к элементам информационной модели СПО ПА в системе ADEM PDM. Данная функциональность позволяет организовать совместную работу различных специалистов (конструкторов, технологов, программистов) с едиными данными при соблюдении требований информационной безопасности проекта.

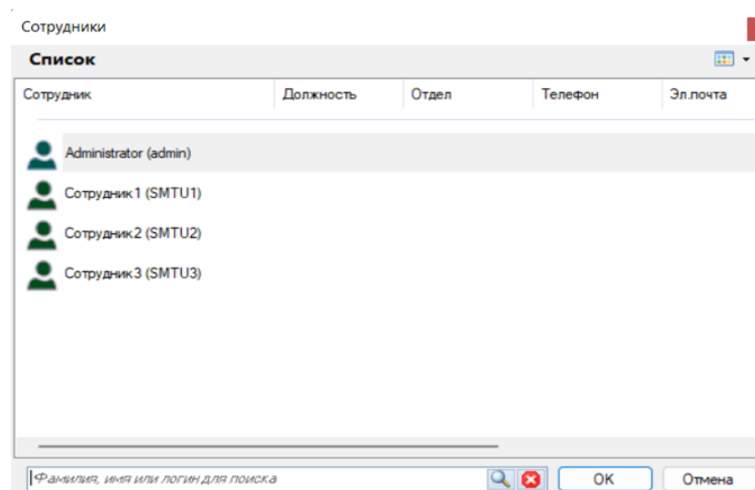


Рисунок 6 – Установление прав доступа к системе

Заключение

В данной работе представлена методика трансформации моделей, полученных с использованием различных инструментальных средств автоматизации, в единое информационное пространство PLM-системы. Методика апробирована на примере разработки информационной модели системы пространственной ориентации подводного аппарата.

Проведенный структурный анализ с использованием нотации IDEF0 позволил сформировать функциональную основу информационной модели системы пространственной ориентации подводного аппарата и обосновать включение алгоритма фильтрации измерительных данных (рис. 1–3).

Результаты структурного и функционального моделирования были трансформированы в структуру данных PLM-системы ADEM PDM, что обеспечило формирование единого информационного пространства разработки. Разработанная информационная модель (рис. 5) включает алгоритмы, программы, параметры объектов, задачи моделирования и функциональные модели в нотации IDEF0.

Список литературы:

1. Жуков, Ю.И. Теория и проектирование морских компьютерных систем: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2012 г. – 276 с.
2. Сиек, Ю.Л. Информационная модель бесплатной инерциальной навигационной системы подводного робота. / Сиек Ю.Л., Хуторная Е.В. - Морские интеллектуальные технологии. 2017. № 2(36). 105-110 с.
3. Жуков, Ю.И. Информационное моделирование пространственной ориентации и навигации подводных роботов: монография. / Сиек Ю.Л., Хуторная Е.В. — СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 2014. — 124 с.

