

УДК 629.122

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ СУДОВ

Михеева Татьяна Александровна¹, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов

e-mail: MiheevaTA@yandex.ru

Зяблов Олег Константинович¹, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры проектирования и технологии постройки судов

e-mail: zyablov_ok@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье приводится обзор и сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем управления жизненным циклом (СУ ЖЦ) речных и морских судов. В ходе исследования преимуществ и недостатков существующих систем управления жизненным циклом, излагаются вопросы, с которыми могут сталкиваться проектные организации и предприятия-строители судов при их использовании, приводятся пути решения проблем процесса внедрения IT-инфраструктуры в процессы проектирования, строительства, ремонта и сервисного обслуживания речных и морских судов. Работа выполнена в рамках исполнения Госзадания по теме: «Научно-исследовательский проект по формированию информационно-технологической платформы «Флот-Сервис-Судоремонт» для судов внутреннего и река-море плавания».

Ключевые слова: система управления жизненным циклом, единое информационное пространство, информационные технологии, PLM-системы, PDM-системы, система информационной поддержки.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC AND FOREIGN VESSEL LIFE CYCLE MANAGEMENT SYSTEMS

Tatyana A. Mikheeva¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction

e-mail: MiheevaTA@yandex.ru

Oleg K. Zyablov¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction

e-mail: zyablov_ok@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article provides an overview and comparative analysis of domestic and foreign life cycle management systems (LCMS) for river and sea vessels. In the course of studying the advantages and disadvantages of existing life cycle management systems, issues that design organizations and shipbuilding enterprises may face when using them are outlined, and ways to

solve problems in the process of implementing IT infrastructure in the design, construction, repair and maintenance of river and sea vessels are given. The work was carried out within the framework of the State Assignment on the topic: "Research project for the formation of the information technology platform "Fleet-Service-Ship Repair" for inland and river-sea navigation vessels".

Keywords: life cycle management system, unified information space, information technology, PLM systems, PDM systems, information support system.

Жизненный цикл изделия считается совокупность явлений и процессов, повторяющихся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия, от ее замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации [1]. В соответствии с [1, 2], программа мероприятий жизненного цикла (ЖЦ) морских и речных судов направлена на поддержание оптимальных значений показателей эффективности объектов морской техники и процессов его ЖЦ, а именно:

- готовность к эксплуатации, надежность, безотказность;
- стоимость образца изделия морской техники;
- стоимости ЖЦ изделия морской техники;
- сроки изготовления и ввода в эксплуатацию;
- эксплуатационно-экономическая эффективность.

Процессы по обеспечению жизненного цикла речных и морских судов начинаются с исследования и обоснования создаваемых объектов морской и речной техники, разработки научно-технического проекта, формирования концепции создания и разработки технического облика [3]. На вышеперечисленных стадиях закладываются научно-технические и организационно-технологические основы обеспечения эффективности образца судна и процессов его жизненного цикла. Основные этапы ЖЦ судна показаны на Рисунке 1 [4].



Рисунок 1 – Основные этапы жизненного цикла судна

Создание системы управления жизненным циклом (СУ ЖЦ) судна – одно из важнейших направлений обеспечения его жизненного цикла. Основными проблемами при создании СУ ЖЦ в области кораблестроения являются следующие:

- для формирования системы управления жизненным циклом необходимо решение совокупности организационно-технологических и нормативно-технических вопросов;
- большинство существующих методик по оценке стоимости и технико-экономической эффективности судна на всех стадиях жизненного цикла требуют пересмотра;
- отсутствует обеспечение централизованного сбора информации о состоянии судна на стадии его эксплуатации;
- отечественные программные разработки требуют доработки и сертификации для использования их в качестве цифровой основы для системы управления ЖЦ судна;
- заказчиком и судостроительной отраслью не определены основные положения контракта на полное обеспечение ЖЦ судна.

Важной составной частью СУ ЖЦ является система управления техническим и сервисным обслуживанием судна, которая обеспечивает эффективность функционирования морской и речной техники и процессов её ЖЦ на стадии эксплуатации [5].

Так как системы управления жизненным циклом судов (СУ ЖЦ) включают в себя все этапы жизни судна: от изучения рынка перед проектированием до утилизации после использования, то основной целью такого управления является уменьшение сроков постройки, стоимости проектирования и производства, а также стоимости эксплуатации, модернизации и утилизации. Таким образом, для достижения этой цели управления необходимо обозначить наиболее важные составляющие СУ ЖЦ.

Система управления жизненным циклом складывается, на наш взгляд, из следующих составляющих:

1. Организационная модель взаимодействия всех участников создания и эксплуатации судна.
2. Информационная поддержка, обеспечение процессов нормативной, правовой и технической документацией.
3. Использование цифровых технологий, например, технологии цифровых двойников, которая предполагает математическое и компьютерное моделирование при создании и эксплуатации судна.
4. Управление данными в информационном пространстве, едином для различных автоматизированных систем.

В настоящее время в качестве таких систем управления жизненным циклом судов широко применяются следующие системы управления жизненным циклом продукции:

- **PLM-системы (Product lifecycle management).** Технологии *PLM* объединяют методы и средства информационной поддержки судов на всех этапах их жизненного цикла, обеспечивая взаимодействие средств автоматизации проектирования и других автоматизированных систем предприятия.

- **PDM-системы (Product Data Management)** или программы, которые в одном окне объединяют данные справочной, технологической и конструкторской систем, управляя данными и документами, представляют собой единое хранилище для всех данных о продукте. С помощью **PDM-систем** можно просматривать изменения в документах и управлять версиями, предотвращая конфликты в работе и обеспечивая доступ к актуальной информации о судне, которая накапливается в процессе разработки цифровой модели, сохраняется, корректируется и предоставляется в удобном виде всем участникам обеспечения ЖЦ судна.



Как показывает практика, эффективное управление ЖЦ судна возможно только на основе его цифровой модели с применением безопасной и качественной системы связи, обеспечивающей удалённый доступ всех участников управления ЖЦ к такой модели.

В настоящее время в мире широко применяются информационные технологии для управления и сокращения стоимости жизненного цикла (ЖЦ) изделий. Однако в России нет единой системы управления ЖЦ судов и морской техники. Внедрение информационных технологий и обеспечение данного процесса нормативными документами позволит решить эту проблему. Для управления ЖЦ судов и объектов морской техники за рубежом внедряются и используются СУ ЖЦ, основанные на концепции **Product Life Cycle Support (PLCS)** - что означает непрерывная *поддержка жизненного цикла изделия*. Основу концепции **PLCS** составляет повышение эффективности процессов ЖЦ изделия за счет повышения эффективности управления информацией об этом изделии [6].

После того, как были реализованы **PLCS** – технологии в СУ ЖЦ иностранные компании в процессе работы улучшили следующие показатели [4]:

- 1) в процессе проектирования и инженерных расчетов:
 - сокращение времени проектирования на 50 %;
 - сокращение затрат на изучение выполняемости проектов на 15–40 %;
- 2) в процессе организации поставок:
 - уменьшение количества ошибок при передаче данных на 98%;
 - сокращение времени поиска и извлечения данных на 40 %;
 - уменьшение стоимости информации на 15–60 %;
 - повышение показателей качества на 80%;
- 3) в процессе эксплуатационной поддержки изделия:
 - сокращение времени на изменение технической документации на 30 %.

Обеспечение стадий жизненного цикла изделий системной автоматизацией в концепции **PLCS** - технологий представлено на Рисунке 2 [6].



Рисунок 2 – Стадии жизненного цикла изделий судостроительной промышленности и системы их автоматизации в концепции **PLCS** -технологий

На отечественном рынке систем PLM/TDM/PDM/Workflow до недавнего времени господствовали в основном западные (американские) и китайские компании. Наиболее известные иностранные PLM-системы с описанием их функций представлены в Таблице 1. [7].

Таблица 1. Рынок иностранных PLM-систем и их функционал

№	Компания	Страна	Продукты	Описание
1	USG	США	Unigraphics NX	CAD/CAM/CAE-система
			Solid Edge	Система твердотельного и поверхностного моделирования
			Teamcenter	Пакет масштабируемых программных решений для поддержки жизненного цикла изделий
			E-factory	Система моделирования процессов производства
2	IBM / Dassault Systemes	США	CATIA	Система автоматизированного проектирования
			ENOVIA	Система управления жизненным циклом продуктов
			DELMIA	Программное обеспечение для моделирования производства
			SmarTeam	Приложение для управления данными о продукции
			SolidWorks	Программный комплекс САПР для автоматизации работ
			DB2	Семейство систем управления реляционными базами данных
			Lotus	Система коллективной работы
3	PTC	США	Pro/E Creo Wildfire	CAD/CAM/CAE-система
			Windchill	Программа управления жизненным циклом продукта
4	Autodesk	США	AutoCAD	CAD система
			Inventor	Система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования
5	MatrixONE	США	Matrix 10	Система контроля и управления доступом
6	Agile	США	Agile 9	Набор средств управления инженерной информацией
7	ZWSoft	Китай	ZWCad	CAD система
			ZW3D	Система трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования

В отечественном судостроении в настоящее время на многих судостроительных предприятиях функции управления ЖЦ проектируемых и находящихся в эксплуатации судов реализуются в рамках СУ, которая была сформирована ещё в СССР в 1970–1980-х годах. Работа этой системы обеспечивается взаимодействием заказчиков, эксплуатирующих организаций и других участников, осуществляющих разработку, изготовление, ремонт и утилизацию судов. Ключевые механизмы и процедуры функционирования СУ ЖЦ регламентируются стандартами СРПП (Система Разработки и Постановки Продукции на Производство), которые представляют Комплекс государственных стандартов, устанавливающих основные положения, правила и требования, обеспечивающие единство выполняемых работ на всех стадиях жизненного цикла продукции и регламентирующих взаимодействие. Информационная поддержка существующей СУ ЖЦ базируется преимущественно на традиционном бумажном документообороте. Однако существуют такие ведущие предприятия судостроительной промышленности, где уже внедрены и используются в полной мере корпоративные программно-технические комплексы автоматизации проектирования, технологической подготовки производства, управления производством и ЖЦ продукции (системы **CAD, CAE, CAM, PDM, ERP, PLM**) [8]. Они основаны на применении электронной конструкторской и технологической документации, но без их интеграции в единую информационную среду участников ЖЦ усложняется обмен информацией и тормозится



процесс эффективного управления ЖЦ судов. Отечественные PLM-системы и их функционал представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Рынок отечественных PLM-систем и их функционал

№	Компания	Страна	Продукты	Описание
1	АСКОН	Россия	Компас-3D	CAD/CAM-система
			Лоцман:PLM	Система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия
			Lotus	Система коллективной работы
2	Топ Системы	Россия	T-FLex PLM	Информационная платформа предприятия, которая состоит из следующих продуктов T-FLEX DOCs, PDM, MDM, RM, PM, Канцелярия, CRM, CAD, CAD 2D+, Импорт, Библиотеки, Viewer, Анализ, Динамика, Зубчатые передачи, Пружины, Технология, Нормирование, ТОиР, ОКП, ЧПУ 2D, ЧПУ 3D, Печатные платы, Раскрой, Электротехника, VR
3	Лотсия Софт	Россия	Lotsia PLM 4	Система автоматизации управления данными, документооборотом и электронным архивом
4	CSoft	Россия	TechnologiCS	Программа для управления проектами
5	ADEM	Россия	ADEM	CAD/CAM/CAPP/PDM система
6	APPIUS	Россия	Appius-PLM	PLM-решение на базе 1С:Предприятие 8
7	«Бюро ESG», НИИ «ЛОТ» ФГУП «ЦНИИ им. академика А.Н. Крылова»	Россия	NormaCS	Система позволяет создавать собственные базы данных, в том числе — базы внутренних документов (нормативов, стандартов предприятия (СТП), распоряжений), оптимизирует процесс обмена информацией, ускоряет процесс разработки и проектирования. Интегрирована с основными используемыми приложениями: Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCAD.

В процессе изучения функционала PLM-систем выявлены и отмечены очевидные преимущества их применения на предприятиях судостроения. Благодаря внедрению этих решений достигается полная доступность всех необходимых данных для специалистов, обеспечивается гибкий поиск информации и прозрачность структуры. Все необходимые данные для управления процессом постройки судна на предприятии можно получить в пару кликов.

При сравнении иностранных и отечественных PLM-систем и их функционала были выявлены их сильные и слабые стороны, что поможет в дальнейшем исследовании и правильном выборе при решении вопроса цифровизации ЖЦ вновь строящихся и уже эксплуатируемых судов. Сильные и слабые стороны отечественных и зарубежных систем [9] представлены в Таблице 3.

Таблица 3. Сильные и слабые стороны отечественных и зарубежных систем

Слабые стороны	Сильные стороны
Отечественные системы	
- меньшая стабильность кода; - худшая поддержка тяжелых САПР; - малая распространенность систем за пределами СНГ (хотя некоторые отечественные компании имеют англоязычные версии своего ПО и поставляют его на	- более низкая стоимость приобретения (30-120 тыс. руб. за лицензию) и владения; - поддержка отечественных стандартов (ЕСКД, СПДС); - интеграция с САПР отечественной разработки, поддержка отечественного



зарубежные рынки, но объемы этих поставок пока крайне невелики); - в ряде случаев — более слабые функциональные возможности (в первую очередь в части Workflow) и худшая переносимость и масштабируемость.	геометрического ядра RGK; - простота при внедрении и сопровождении.
Зарубежные системы	
- высокая стоимость лицензий (200-300 тыс. руб. за лицензию), внедрения и сопровождения; - отсутствие полноценной локализации и поддержки стандартов; - почти полное отсутствие интеграции с отечественными конструкторскими и технологическими САПР; - ограниченное число технических специалистов в локальных офисах; - сложность в обработке большого количества информации (требуется большой объем программирования на C++ или на Java)	- широко распространены по всему миру и использование одной из них может быть прямым требованием контракта для предприятий, работающих в рамках международной кооперации; - лучшая интеграция с тяжелыми САПР; - более стабильная работа, меньшее количество ошибок вследствие лучшего тестирования.

Внедрение цифровых технологий позволяет сократить сроки и стоимость работ, повысить их качество на всех этапах ЖЦ, осуществлять объективный и оперативный учет сервисного обслуживания и состояния судна, при этом обеспечивая судостроительному и судоремонтному предприятиям конкурентные преимущества [10]. В настоящее время в связи с известными политическими событиями многие зарубежные *PLM*-системы недоступны для отечественных судостроительных и судоремонтных предприятий, в связи с чем, происходит широкое внедрение отечественных разработок обеспечения ЖЦ судов. Процесс цифровизации СУ ЖЦ судов невозможен без создания цифровой модели судна, следовательно, дальнейшие работы должны быть направлены на внедрение современных отечественных систем класса *PLM*, которые позволят создать единую цифровую платформу.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения». [GOST R 56136-2014. Life cycle management for military products. Terms and definitions. (In Russian)]
2. ГОСТ Р 56135-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения». [GOST R 56135-2014. Life cycle management for military products. General. (In Russian)]
3. Шарков Н.А., Ковтун Л.И., Харитоненко В.Т., Ковтун Н.Л. Создание интегрированной системы управления сервисным обслуживанием морской техники на основе анализа ее фактического состояния с учетом контролируемых технологических параметров // Труды Крыловского государственного научного центра, специальный выпуск 1/2018 – С. 15-24.
4. Третьяков О.В. Об одном подходе к оценке эффективности информационной поддержки процессов жизненного цикла корабля // Программные продукты и системы. – 2014. - № 3, - С. 92-97.
5. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 360 с



6. Горбач В. Д. Некоторые аспекты реализации *PLCS* -технологий в российском судостроении // Материалы 4-й междунар. конф. по морским интеллектуальным технологиям. СПб.: МОРИНТЕХ, 2001. С. 5–9.

7. Михеева Т.А. Сравнительная характеристика программных продуктов в области управления проектами и проблемы их применения на отечественных судостроительных верфях // Вестник ВГАВТ, Раздел IV. Судостроение, судоремонт и экологическая безопасность судна. – 2016. – № 49, - С. 130-141

8. Левенчук А.И. Система управления жизненным циклом сложных инженерных объектов // Инновационное проектирование. 2011. №3. С. 11-24.

9. Карпов, С. Р. Автоматизированные системы класса PLM / С. Р. Карпов, Н. С. Ковалев, М. А. Джума // Молодой ученый. – 2021. – № 16(358). – С. 7-10. – EDN HGJFWR.

10. Большаков В., Бочков А., Сергеев А. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex. – 2010.

