

Автоматизация управления жизненным циклом проекта для ТЭК на машиностроительных предприятиях

А. С. БОРМОТОВ, Е. К. ШАРИПОВА, К. А. ЧУДИНОВ –
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Концепция автоматизации управления жизненным циклом проекта представляет собой сложный и емкий процесс разработки, планирования, производства и реализации продукта. Воплощение в жизнь данной концепции в первую очередь влечет за собой реструктуризацию и автоматизацию работы с большими объемами данных, переработка которых необходима для успешного выполнения поставленных целей, реализации сложных проектов или производства наукоемких продуктов. Рассмотрены понятие жизненного цикла проекта, стратегия управления жизненным циклом проекта и его структуризация. Сформулирована актуальность внедрения концепции на предприятиях машиностроения, производящих продукцию для топливно-энергетического комплекса. Представлена доработанная с учетом цифровизации процессов схема структуры системы качества. Рассмотрены программные продукты систем контроля управления жизненным циклом проекта.

Ключевые слова: продукция, жизненный цикл, управление проектом, концепция, взаимодействие структур, предприятие машиностроения

В период информационной эпохи невозможно представить себе выполнение какого-либо проекта без технически грамотно составленного плана или дорожной карты, которые бы описывали все сложности и этапы проектирования. Каждая организация, будь то стартап или международная корпорация, заинтересована в успешной реализации задуманных перспектив.

И хотя для каждой из них требуется индивидуальный подход, все проекты имеют схожую структуру. Другими словами, независимо от того, какая методология выбрана для управления проектом, всегда будет прослеживаться четкая структура: начало, середина и завершение. Это и будет являться – жизненным циклом (ЖЦ) проекта. Как и любой процесс, ЖЦ должен регулироваться, а значит управляться.

Управление жизненным циклом (УЖЦ) проекта необходимо для обеспечения благоприятного исхода проекта, выполненного в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями, целями и ожиданиями заинтересованных сторон. Такая концепция, в теории, помогает эффективно планировать и организовывать работу, руководить ресурсами и рисками, контролировать качество и принимать правильные решения в ходе реализации проекта.

Таблица 1. Этапы ЖЦ проекта

Наименование	Описание	Актуальность
Планирование	Помогает разработать подробный план действий на каждой стадии проекта. Позволяет определить ресурсы, необходимые для выполнения проекта, бюджет и график выполнения работ.	Согласно исследованию (2022), 71% опрошенных организаций используют программное обеспечение (ПО) для управления проектами, 20% доверяют собственным решениям для этих целей, а 12% применяют инструменты, не относящиеся к категории сервисов для управления проектами.
Управление ресурсами	Включает в себя управление людьми, материальными и финансовыми ресурсами, необходимыми для выполнения проекта. Позволяет сократить затраты и оптимизировать использование ресурсов.	Построение динамического норматива позволяет заполнить методическую нишу оценки финансово-экономического состояния предприятия. Является измерителем эффективности (результативности) управления ресурсами. Дает информацию для принятия решений и обосновывает систему мониторинга динамики предприятия.
Управление рисками	Позволяет идентифицировать риски и разработать стратегии для их снижения или устранения. Помогает сократить возможные задержки во времени и дополнительные, связанные с расходами, риски.	Процесс анализа рисков не может быть сведен в единую статистику, однако есть некоторые переменные, которые должны присутствовать в любом процессе анализа для достижения его эффективности.
Контроль качества	Дает возможность контролировать качество работ на каждой стадии проекта, обеспечить соответствие продукта или услуги требованиям и ожиданиям заказчика, заинтересованных сторон.	Исследования Р. В. Агинеи и Д. С. Скворцова демонстрируют необходимость включения контроля качества на каждом этапе проекта.
Управление изменениями	Предоставляет функции управления изменениями, которые могут возникнуть в процессе выполнения проекта. Позволяет принимать быстрые и эффективные решения, минимизирующие отрицательное влияние изменений на проект.	Исследования Билла Манка, Роберта Кигана, Лизы Ласкоу Лаз, Дебра Э. Мейерсона, Дональда Салла, Кэтрин М. Хадсон, Пола Ф. Леви установили, что модуль управления изменениями позволяет повысить эффективность проекта от 20% до 60% в зависимости от сложившейся на рынке ситуации.
Оценка проекта	Способствует оценке результатов проекта. Позволяет сделать выводы, которые могут быть использованы для улучшения процесса выполнения проекта.	С применением различных методологий можно добиться грамотной оценки проекта, что позволит избежать неудач на финальной стадии проекта.

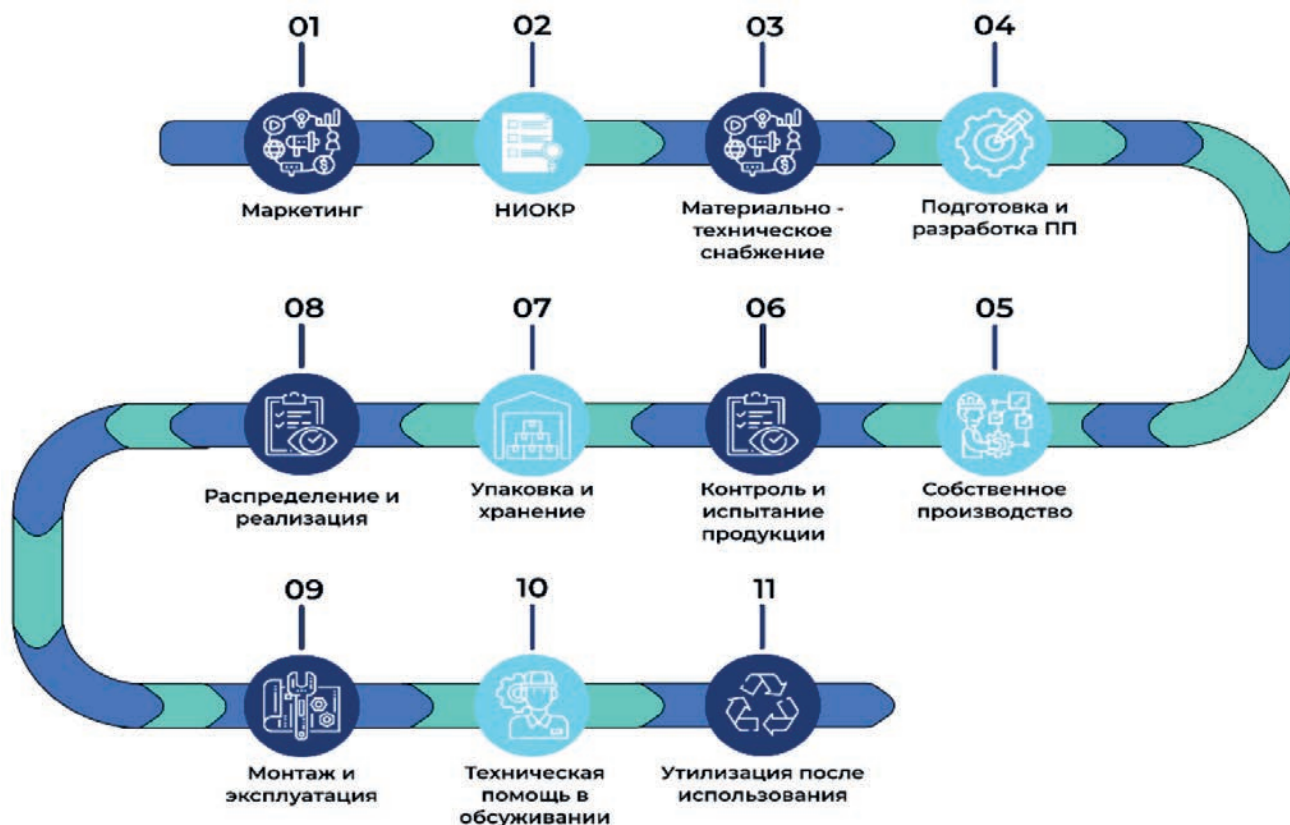


Рис. 1. Дорожная карта проекта

Стратегию, основанную на вышеупомянутых критериях, можно описать как подконтрольный процесс разработки, организации и исполнения замысла. Она включает в себя несколько этапов, от инициации проекта, заканчивая его завершением, включая также планирование, выполнение и надзор. Наиболее важные и подверженные наблюдению этапы жизненного цикла проекта можно выделить в отдельную таблицу, анализируя их описание актуальность.

Анализируя табл. 1 можно отметить, что успешно организованная работа УЖЦ может помочь снизить затраты, сократить время выполнения, повысить качество и удовлетворить заинтересованные стороны. Как итог, УЖЦ позволяет проследить, какой экономический и технологический эффект оказывает то или иное решение на разных уровнях взаимодействия с продуктом.

Согласно стандартам серии ISO 9000 (ISO 9000-1.94), ЖЦ проекта может быть представлен в виде последовательных типовых этапов, которые проходит проект от начала до конца, что можно проиллюстрировать в формате дорожной карты проекта – рис. 1.

В работе современных предприятий, УЖЦ является критически важным компонентом для успешного выполнения проекта. Без грамотного планирования и постоянного отслеживания этапов реализации проекта в рамках постоянных изменений рыночных показателей не получится реализовать задуманное и добиться успеха.

Однако внедрение УЖЦ оказывает не только лишь положительный эффект. Сообразно рассмотреть несколько плюсов и минусов осуществления данной концепции в рамках машиностроительного предприятия. Внедрение УЖЦ на машиностроительных предприятиях способно привести организацию к перспективным результатам, при условии, что будут учитываться все плюсы и минусы, рассмотренные в табл. 2. Для обеспечения максимальной эффективности и минимальному количеству негативных последствий реализации концепции ЖЦ должна быть тщательно спланирована и выполнена профессионально. Только исходя из такого планирования действий предприятие достигает наибольшей результативности и производительности.

Подходя к комплексному анализу процесса и последствий внедрения УЖЦ в функционирующие современные предприятия, стоит также рассмотреть управление жизненным циклом продукции на уровне взаимодействия структурных единиц, непосредственно задействованных в работе над проектом.

При сформированном понимании в подходах к исполнению концепции управления жизненным циклом происходит разработка блоков проекта. За каждый блок отвечает отдельная структурная единица, грамотная и комплексная работа которой невозможна без взаимодействия друг с другом.

ГОСТ ИСО 9004-1-94 предусматривает определенную структуру системы качества, в которой отражены все виды деятельности, оказывающие влияние на качество, являющиеся типичными этапами ЖЦ продукции. На рис. 2 представлена доработанная схема с учетом цифровизации современных процессов деятельности машиностроительных предприятий для ТЭК, приуроченных к «Индустрии 4.0».

Рассматривая концепцию УЖЦ с точки зрения инновационного проекта, стоит отметить, что реализацию любого плана сообразно начинать с разработки технического задания на основании первичных требований к изделию.

Следом стоит производить анализ рынка внедряемого или уже существующего продукта, что невозможно без сегментации рынка и последующего составления портрета потребителя. Такой блок проекта можно назвать маркетинговым.



Таблица 2. Плюсы и минусы внедрения УЖЦ

Плюсы	Минусы
Улучшение качества продукции	Сложность
Концепция позволяет обеспечить контроль качества продукции на всех этапах жизненного цикла. Это обеспечивает обнаружение возможных проблем на ранних сроках, предотвращает их появление в будущем, расширяет возможности по их устранению, что повышает качество продукции.	УЖЦ может быть сложной и трудоемкой системой, особенно если внедрение происходит впервые. Необходимо обучение и опыт для успешного управления проектом в соответствии с УЖЦ.
Увеличение производительности	Реактивность
Внедренная концепция дает возможность управлять ресурсами проекта более эффективно, что приводит к улучшению производительности и снижению затрат.	Процесс внедрения может привести к изменениям в организационной культуре и в подходе к управлению проектами, что может вызвать недовольство и резкое противодействие.
Снижение рисков	Затраты
УЖЦ включает в свой функционал возможность проводить анализ и оценку рисков на каждом этапе жизненного цикла проекта, а значит принимать меры по управлению рисками. Это позволяет снизить риски и предотвратить возможные проблемы.	Могут потребоваться дополнительных затрат на обучение персонала, разработку новых процессов и систем, что может быть недоступно для некоторых машиностроительных предприятий.
Повышение коммуникативности при выполнении задач	
Функционирующая концепция предусматривает взаимодействие между всеми участниками проекта на каждом этапе жизненного цикла, что способствует улучшению коммуникации между участниками проекта и повышению эффективности работы.	
Увеличение конкурентоспособности	
Действующая система УЖЦ помогает улучшать качество продукции, снижать затраты и повышать производительность, что повышает конкурентоспособность машиностроительного предприятия на рынке.	

Дальнейшее определение объема рынка и его динамики формирует понятие об объемах продаж в выделенных сегментах, что при определенной ориентировочной стоимости изделия помогает при анализе конкурентов и выявлении конкретных преимуществ. По итогу работы блока формируется маркетинговая документация.

Параллельно с составлением плана продвижения и реализации продукта по сегментам, логично проводить разработку дизайн-проекта. Работа данного блока подразумевает под собой создание графического изображения проекта, отвечающее требованиям полного представления о внешнем виде конечного изделия, порядке его пользования, что, в конце концов отображает ключевые особенности продукта. На текущем этапе стоит задумываться о возможном расширении модельного ряда. Разрабатываемое изделие должно в обязательном порядке подтверждаться расчетами на выполнение технических характеристик.



Рис. 2. Этапы ЖЦ с точки зрения системы качества



Таблица 3. Системы для управления и отслеживания этапов ЖЦ проекта

Наименование	Описание	Функциональность
PLM (Product Lifecycle Management)	Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов УЖЦ.	В настоящее время приходится констатировать, что реальная функциональность систем класса PLM, позиционируемых как интегрированная совокупность автоматизированных систем, охватывает лишь этап конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) изделия.
MDM-системы	Управление справочной информацией. Их главная цель – обеспечить единство представления массивов данных во всех информационных системах.	Такой тип решений позволяет решить проблемы несоответствия, дублирования и несовместимости данных, это простые линейные справочники, в которых не требуется какая-либо сложная логика, например, справочники стран или валют. Самый многочисленный набор справочных данных, с которыми приходится работать.
ERP - система	Управление всеми аспектами бизнеса, включая процессы в таких сферах, как финансы, кадры, производство, цепочка поставок, услуги, закупки и т. д.	В настоящее время модель ERP включает в себя следующие подсистемы: <ul style="list-style-type: none"> • управление запасами; • управление снабжением; • управление сбытом; • управление производством; • планирование; • управление сервисным обслуживанием; • управление финансами.
Система управления производством (MES)	Оптимизация производственного процесса путем мониторинга, отслеживания, документирования и контроля всего жизненного цикла производства.	Функциональность производственных систем MES: <ul style="list-style-type: none"> • приведение производственных мощностей в действие; • сбор информации, связанной с производством; • планирование; • ведение контроля качества; • установление связи между персоналом и оборудованием, между производством и поставщиками и т.д.; Этап эксплуатации, на котором важную роль приобретает учет фактических технических характеристик изделия, учет его ТОиР, управление надежностью изделия, также требует применения специализированного программного обеспечения в зависимости от реализуемой методологии эксплуатации и обслуживания изделия.
ILS - система	Выполнение функций интегрированной логистической поддержки, которая решает следующие задачи.	Функциональность систем ILS: <ul style="list-style-type: none"> • формирование эксплуатационной модели изделия; • планирование начального МТО и для стационарного периода эксплуатации; • расчет норм расхода запасных частей; • оптимизация параметров организации системы технической эксплуатации; • обработка и анализ данных об эксплуатации на основе данных мониторинга эксплуатации; • анализ надежности методами деревьев неисправностей; • системы технического обслуживания, ремонта и модернизации.
Системы технического обслуживания, ремонта и модернизации (MRO)	Управление ТОиР транспортных средств и вооружения и с учетом возможного участия в них производителя (поставщика) техники.	Функциональность систем MRO: <ul style="list-style-type: none"> • решение и информационное обеспечения задач сервисного обслуживания техники; • управление сроками службы и процессом списания; • оптимизация структуры и численности парка; • поддержка территориально распределенной инфраструктуры ТОиР и т. д.
Система FRACAS (менеджмент качества)	Передача сообщений об отказах, анализа и внесения исправлений.	Это производственная система, обычно, но не обязательно представленная программным обеспечением, которая обеспечивает процессы классификации и анализа причин отказов в процессе производства, планирования корректирующих действий в ответ на эти отказы, а также отчетность по каждому этапу. Обычно такая система используется в производственной среде для сбора данных, записи и анализа системных отказов. FRACAS оперирует несоответствиями продукции или процесса, и связанными с ними коренными причинами, чтобы помочь в определении и реализации корректирующих действий.

Необходимо иметь обоснование выбора используемых при изготовлении продукта ресурсов (как с точки зрения конструкторских требований, так и на основании экономических показателей). Текущий блок может быть назван конструкторским. На современных предприятиях в условиях цифровизации изготавливается также электронная модель изделия (ЭМИ), соответствующая требованиям электронной конструкторской документации. По итогу блока формируется комплект конструкторской документации в соответствии с ЕСКД.

В рамках решения задачи выбора метода изготовления, сборки и монтажа изделия подключается блок технологической подготовки производства. Технологическая и организация производства должна отвечать всем, заданным в конструкторской документации параметрам, при условии минимизации затрат материалов, времени и прочих ресурсов при безусловном обеспечении требуемого качества изделия. При необходимости может быть произведена разработка оснастки и вспомогательных приспособлений. Выпуск партии изделия невозможен без расчета необходимого объема производства, подбора требуемого оборудования, подсчета необходимой площади, после

которых становится возможным приступить к проектированию и планировке производства. По окончании описанных процедур потребуется произвести анализ текущих мощностей предприятия с загрузкой на изготовление партии изделий согласно маркетинговой документации, что должно подтверждать способность предприятия в обеспечении требуемого объема по выпуску продукции. По итогам работы текущего блока должен быть сформирован комплект технологической документации

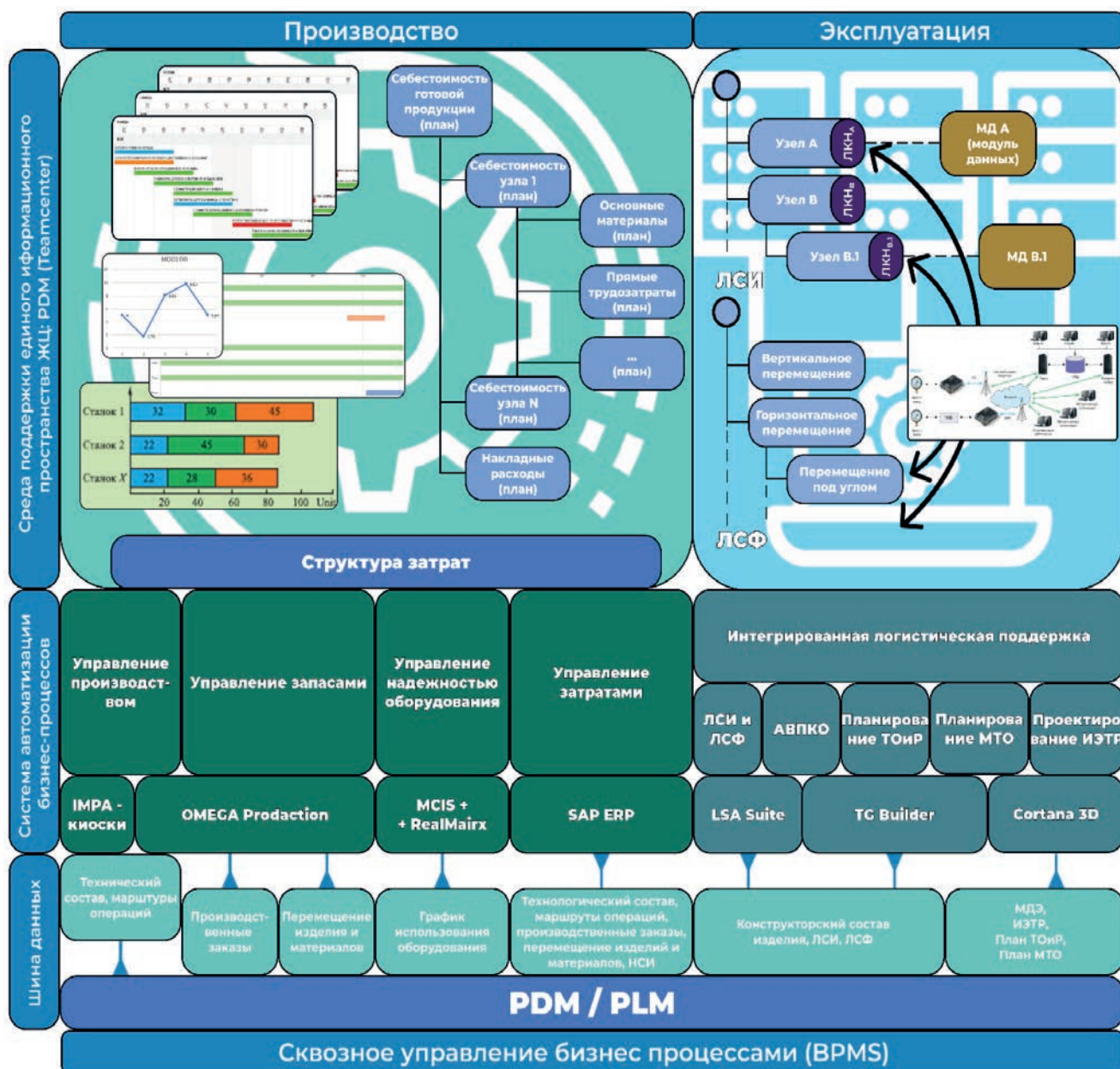


Рис. 3. Пример интегрированной системы УЖЦ

в формате технологических процессов изготовления и сборки деталей или узлов в соответствии с ЕСТД.

Как итог, необходим блок экономики и финансов, предназначенный для планирования доходных и расходных частей проекта, определения инвестиционных параметров. В рамках текущего блока на основании конструкторско-технологической документации решаются задачи расчета затрат на реализацию проекта, определения себестоимости и цены готового изделия, происходит составление бюджетов реализации проекта с определением вариантов его финансирования. Конечная цель – обоснование экономической целесообразности реализации проекта и определение его привлекательности для инвестора.

По принципу такого планирования, ключевыми системами для введения проектной деятельности и отслеживания всех связанных с этим процессами за частую применяют программные продукты систем контроля УЖЦ, которые берут на себя обязанности некой социальной сети в рамках предприятия. Эти системы выступают в качестве системы документа оборота, общения во время рабочих процессов по проекту, фиксаторами выполненной работы и имеют целый набор функционала, направленный на эффективную работу.

Одной из главных целей УЖЦ является оптимизация процессов разработки и производства продукта, что, как уже выяснилось, приводит к росту динамики производства. Иными словами, необходима система, позволяющая отслеживать все необходимые процессы и выполненные задачи по проекту и видеть динамику развития. Интегрированная система УЖЦ – рис. 3.

Реализация концепции УЖЦ предполагает предварительную разработку и поддержание соответствующей архитектуры сложной организационной системы, которую образуют предприятия, процессы, технологии, ресурсы, информация и пр., объединенные ЖЦ на всех его этапах. Очевидно, чем сложнее организационная система, тем труднее обеспечить согласованное и эффективное взаимодействие разнородных компонентов и получить максимальную отдачу. Чем эффективнее удастся справиться со сложностью систем, тем выше вероятность получения реальной выгоды и достижения целей.



Таким образом, реализация концепции УЖЦ подразумевает применение разнородных интегрированных между собой программных систем классов PLM (CAE/CAD/CAM/PDM), MDM, ERP, MES, ILS, MRO, FRACAS, которые используют данные единого информационного пространства, включающего ЭМИ, а также процессы, ресурсы и контрагентов.

Концепция управления жизненным циклом, обладая сложной организационной структурой высокого порядка, подразумевает высокую культуру производства, высокую культуру работы с данными и высокую эффективность взаимодействия исполнителей на каждом этапе реализации проекта и производства продукта.

Такое согласование строится на внедрении комплекса программных продуктов, обеспечивающих выполнение поставленных задач, связанных

с планированием, управления данными, предоставлением информации и управления коммуникациями команды проекта. Грамотная постановка организации с применением системы управления жизненным циклом в конечном итоге способствует достижению максимальной эффективности производства и положительному экономическому эффекту – росту прибыли предприятия.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Агинец Р. В., Скворцова Д. С. Применение статистических методов анализа деятельности проектной организации и оценки результативности системы менеджмента качества на примере АО «Гипрогазцентр» // Газовая промышленность. Спецвыпуск. – 2018 – №4 (776). – С. 92–97.
2. Богомолов Р. М., Сериков Д. Ю., Борейко Д. А. Анализ конструктивных особенностей двухшарошечных буровых долот // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2020. – № 5 (119). – С. 5–9.
3. Борейко Д. А., Быков И. Ю., Сериков Д. Ю. Анализ опыта лабораторных исследований металлов при помощи пассивных методов неразрушающего контроля // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 5(341). – С. 19–23.
4. Борейко Д. А., Быков И. Ю., Смирнов А. Л. Чувствительность метода акустической эмиссии при обнаружении дефектов в трубных изделиях // Дефектоскопия. – 2015. – № 8. С. – 24–33.
5. Борейко Д. А., Сериков Д. Ю. Анализ методов моделирования элементов конструкций машин и агрегатов для автоматизации оценки их напряженно-деформированного состояния // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 3(572). – С. 35–39.
6. Борейко Д. А., Сериков Д. Ю. К вопросу о диагностике технического состояния шарошечного бурового инструмента // СФЕРА. Нефть и Газ. – 2021. – № 4 (83). – С. 50–54.
7. Борейко Д. А., Сериков Д. Ю. Применение метода конечно-элементного анализа для автоматизации оценки начальных испытательных нагрузок при проведении исследований напряженно-деформированного состояния трубных образцов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 4(573). – С. 38–42.
8. Борейко Д. А., Сериков Д. Ю., Быков И. Ю. Анализ методов диагностики технического состояния шарошечных буровых долот корпусного типа // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2021. – № 2 (122). – С. 11–14.
9. Борейко Д. А., Сериков Д. Ю., Быков И. Ю. Обзор методов и методик технического диагностирования работоспособности шарошечных буровых долот // Рассохинские чтения: материалы междунар. конф., Ухта, 4–5 февр. 2021 г. – Ухта: УГТУ, 2021. – Ч. 3. – С. 66–69.
10. Борейко Д. А., Сериков Д. Ю., Смирнов А. Л. Анализ методик оценки технического состояния металлоконструкций нефтегазового оборудования на основе метода акустической эмиссии // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2021. – № 7(343). – С. 15–19.
11. Быков И. Ю., Бобылева Т. В., Борейко Д. А., Сериков Д. Ю. Совершенствование конструкции фильтра-грязеуловителя для очистки нефти в системах промыслового сбора со скважин и магистрального транспорта // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2023. – № 3 (363). – С. 47–52.
12. Быков И. Ю., Борейко Д. А., Смирнов А. Л. Оценка технического состояния несущих металлоконструкций мобильных буровых установок пассивными методами неразрушающего контроля // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2015. – № 8. – С. 7–14.
13. Сериков Д. Ю., Борейко Д. А. Автоматизированная оценка напряженно-деформированного состояния оболочковой конструкции газоконденсатной разделительной емкости со скрытым расслоением металла // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2021. – № 6(575). – С. 29–32.
14. Сериков Д. Ю., Борейко Д. А. Исследование взаимодействия калибрующих конусов шарошек со смещенными осями со стенкой скважины в многофункциональной системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D // Автоматизация и информатизация ТЭК. – 2022. – № 3 (584). – С. 31–36.
15. Сериков Д. Ю., Борейко Д. А., Серикова Е. П. об особенностях сооружения подводных переходов магистральных трубопроводов: выбор технологии и используемое оборудование // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2022. – № 2 (350). – С. 58–67.
16. Сериков Д. Ю., Левитский Д. Н., Кузнециков А. С., Борейко Д. А. Исследования взаимодействия периферийных венцов буровых долот с отрицательным смещением осей шарошек с забоем и стенкой скважины // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2022. – № 5 (353). – С. 21–28.
17. Сериков Д. Ю., Лютов А. А., Борейко Д. А. Математическое моделирование геометрии калибрующих конусов шарошек со смещенными осями вращения // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина. – 2022. – № 2 (307). – С. 136–146.
18. Цхада Н. Д., Борейко Д. А., Сериков Д. Ю. Пассивные методы контроля – действенный инструмент повышения эффективности оценки технического состояния нефтегазового оборудования // Инженер-нефтяник. – 2021. – № 3. – С. 15–19.
19. Шигин А. О., Борейко Д. А., Сериков Д. Ю. К вопросу о повышении эффективности разрушения горных пород шарошечными долотами // Территория Нефтегаз. 2022. № 3–4. С. 24–31.
20. Шигин А. О., Борейко Д. А., Цхада Н. Д., Сериков Д. Ю. Сравнительный анализ эффективности работы шарошечных буровых долот // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. – 2021. – № S2. – С. 1–7.