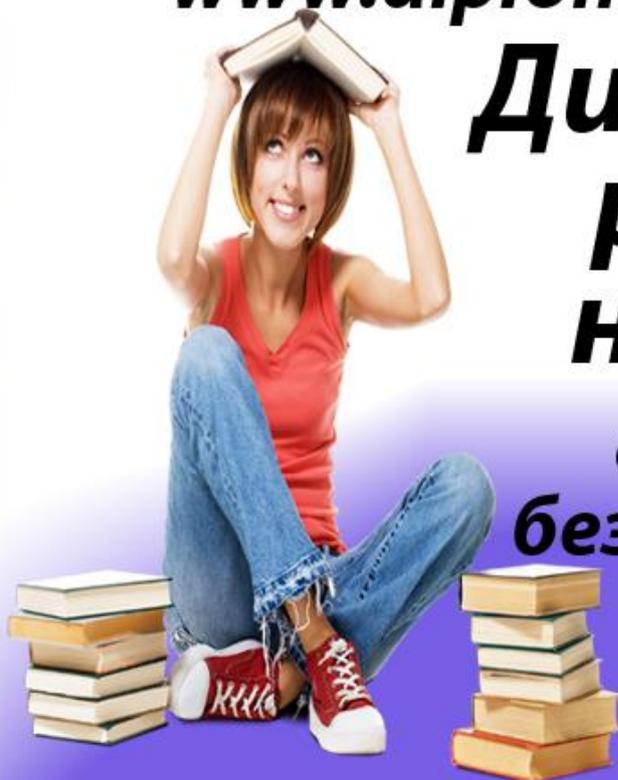


www.diplomstudent.net

Дипломные работы на заказ

от автора
без предоплаты



Тема: Внедрение системы управления конфигурацией на базе современных PLM-технологий как инструмента эффективного управления проектированием на конструкторском предприятии

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ПОНЯТИЕ, РОЛЬ, ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ PLM-РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ	8
1.1.Предпосылки совершенствования процесса проектирования.....	8
1.2.Понятие управления конфигурацией	16
1.3.Современная PLM-концепция.....	20
1.3.1.Роль PLM-технологии, как единой информационной системы, в процессе проектирования продукции.....	20
1.3.2.Мировые практики реализации управления конфигурацией на базе PLM-решений.....	22
2. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ АО «КОНСТРУКТОР».....	30
2.1 Общая характеристика АО «Конструктор».....	30
2.2.Управление деятельностью АО «Конструктор» на стадиях жизненного цикла продукции	34
2.3.Сложности в организации отслеживания и документирования требований в процессе проектирования на разных стадиях жизненного цикла продукции	39
2.4 Организационно-технические предпосылки для перевода инженерных данных АО «Конструктор» под управление PLM-систем.....	44
2.5 Выбор PLM-системы.....	48
2.6 Анализ потенциальных возможностей АО «Конструктор» к освоению выбранного решения	53
2.7.Оценка результатов деятельности АО «Конструктор»	57
3. ОРГАНИЗАЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ В АО «КОНСТРУКТОР».....	63
3.1 Создание единого информационного пространства- как основа эффективности управления конфигурацией на конструкторском предприятии	63
3.2. Проблемы на различных этапах жизненного цикла PLM-интеграции	67
3.3. Пути решения проблем интеграции PLM-системы	73
3.4. Интеграция PLM-системы–как фактор совершенствования управления конфигурацией на конструкторском предприятии АО «Конструктор»	82

3.5. Эффективность системы управления конфигурацией на предприятии АО «Конструктор»	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	102
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	107

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы внедрения системы управления конфигурацией на базе современных PLM-технологий нельзя недооценивать. Для сохранения и роста конкурентоспособности современным компаниям необходимо решить задачи, как быстро обрабатывать индивидуальные заказы клиентов, распределённых по всему миру, и производить товар с высокими показателями эффективности, качества, определёнными характеристиками и по приемлемой цене. В условиях насыщенного глобального рынка от решения этих задач напрямую зависит успех компаний. Для этого современным предприятиям требуется создание единого информационного пространства для всех систем от нижнего до верхнего уровня управления. Это способно обеспечить требуемый контроль, планирование и принятие решений в реальном времени - для гибкого управления производственными процессами и жизненным циклом выпускаемых продуктов.

В настоящее время уровень глобализации продолжает расти за счёт развития информационных технологий и коммуникационных устройств. Следуя глобальным тенденциям виртуализации производства в рамках концепции «четвёртой промышленной революции» современные компании для сохранения конкурентоспособности вынуждены менять производственные процессы, систему управления конфигурацией, сталкиваясь с новыми - вызовами. Стандартные подходы управления конфигурацией уже не позволяют удерживать доходность предприятий на желаемом уровне. Ежегодно в России банкротятся более 25% предприятий различных отраслей[50], при этом, основной причиной является не эффективное управление, в том числе и управление на этапах жизненного цикла продукции. Эффективное управление процессом проектирования и разработки продукции на предприятии зависит как от условий внешней, так и внутренней среды, в том числе и от предпочтений потенциального потребителя, возможностей для их реализации, наличия финансовых и материальных ресурсов. В связи с этим, предприятиям важно своевременно учитывать и выявлять изменяющиеся потребности потребителей, а имеющиеся ресурсы предприятия использовать на приоритетных направлениях проектирования продукции. Сегодня, в условиях конкурентной среды стало мало, просто производить какую-либо продукцию, необходимо эффективное планирование, проектирование и управление системой конфигурации.

В соответствии с изложенной выше актуальностью темы работы, целью исследования является: совершенствование системы управления конфигурацией на предприятии и оценка эффективности проекта. Для достижения указанной цели, в процессе написания работы,

необходимо решить следующие задачи: описать теоретические аспекты и обоснование необходимости PLM-решений для управления конфигурацией при проектировании; провести анализ проектирования продукции на конструкторском предприятии; разработать проект внедрения PLM-решения на анализируемом предприятии и дать оценку экономической эффективности.

Объектом исследования является конструкторское предприятие АО «Конструктор». Предмет исследования- система управления конфигурацией в целом и проектирование конструкторской документации в частности на предприятии АО «Конструктор».

При написании работы применялись следующие методы: экспертно-аналитические, аналитически-расчетные, нормативные, организационно-проектные, графоаналитические, методы факторного анализа, сравнение, выборочное изучение и другие.

Структурно работа состоит из введения, основной части, заключения, библиографического списка и приложений. Основная часть работы состоит из трех глав. Первая глава направлена на изучение теоретических основ проблематики исследования, в ней представлены основные понятия системы управления конфигурацией; изложены предпосылки совершенствования процесса проектирования; рассмотрена роль PLM-технологии, как единой информационной системы, в процессе проектирования продукции; изучены мировые практики реализации управления конфигурацией на базе PLM-решений. Вторая глава работы является практической, в ней дана общая характеристика объекта исследования; рассмотрена система управления деятельностью АО «Конструктор» на стадиях жизненного цикла продукции; определены основные сложности организации отслеживания и документирования требований в процессе проектирования на разных стадиях жизненного цикла продукции; обоснован выбор PLM-системы. В третьей проектной главе исследования обосновано создание единого информационного пространства- как основа эффективности управления конфигурацией на конструкторском предприятии; изучены проблемы и пути их решения на различных этапах жизненного цикла PLM-интеграции; предложен проект интеграции PLM-системы–как фактор совершенствования управления конфигурацией на конструкторском предприятии АО «Конструктор»; оценена эффективность рассмотренного проекта.

Информационной базой исследования являются: статьи, монографии, учебные пособия, диссертационные исследования по изучаемой проблеме, а также нормативно-правовое регулирование, государственные стандарты, статистическая и иная информация объекта исследования. Проблематикой проектирования продукции на предприятии, а также совершенствования системы проектирования с помощью автоматизации, занимались

множество авторов, наиболее известными из них являются: Аристов О.В., Анисимов Ю.П., Афанасьев М.Я., Атрашкин А., Богданов М., Грибовский А.А., Куликов Д. Д., Кривенков А.В., Лапыгин Д., Липаев В.В. , Левин А.И., Новицкий Н.И., Новичков А., Олексюк В.Н., Орлик С., Пуровская Е.Э., Пирогова Е.В., Туровец О.Г., Шиловицкий О. , Яблочников Е.И. и другие. Несмотря на то, что проблематике совершенствования системы проектирования с помощью автоматизации уделяется не мало внимания, на практике все же эта проблема является не достаточно изученной. Практическая значимость исследования заключается в том, что данные рекомендации могут быть применены на анализируемом предприятии.

1. ПОНЯТИЕ, РОЛЬ, ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ PLM-РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

1.1. Предпосылки совершенствования процесса проектирования

В настоящее время существует множество различных трактовок процесса проектирования и разработки продукции. В частности, Туровец О.Г. под процессом проектирования и разработки продукции понимает, как особый вид деятельности, совмещающий выработку научно-технической информации с ее превращением в материальный объект-продукцию.[3] Новицкий Н.И. под процессом проектирования продукции понимает повышение полезных свойств продукции с требованиями НТП и отражение их в нормативно-технической документации: стандартах, технических условиях, технологических картах, чертежах.[28] Аристов О.В. считает, что, проектирование и разработка продукции- это разработка технической документации, полностью пригодной для серийного производства продукции, соответствующей требованиям потребителя. [2]

Разработка конструкторской документации - это отдельный этап жизненного цикла продукции, который является одним из важнейших в процессе проектирования продукции. Рассмотрим подробнее процесс проектирования конструкторской документации. Конструкторская документация (КД) на какую-либо продукцию представляет собой набор технической документации, по которой осуществляется производство и контроль данной продукции. Кроме того, в конструкторской документации приводятся данные по эксплуатации и утилизации продукции, то есть оговаривается полный жизненный цикл. Любые действия, производящиеся на каждом этапе, регламентированы каким-либо стандартом, ГОСТом или другой нормативной документацией. Организация проведения таких работ на каждом этапе регламентирована СРПП – системой разработки и поставки продукции на производство. Данная система СРПП представляет собой комплекс различных ГОСТов. Они устанавливают правила и требования к выполнению работ на каждом жизненном цикле изделия или продукции и включает в себя следующие циклы: исследование и проектирование, разработка продукции, изготовление, поставка, эксплуатация и ликвидация продукции. Характеристика этапов жизненных циклов продукции представлена на рис.1. Первым этапом жизненных циклов продукции является исследование и проектирование, разработка конструкторской документации является вторым этапом-этап разработки продукции. Весь процесс разработки конструкторской документации протекает в полном и строжайшем соответствии с определенными правилами. Эти правила содержатся в ЕСКД – единая система конструкторской документации. Данная система ЕСКД представляет собой комплекс

различных ГОСТ, они устанавливают требования к разработке, оформлению и обращению КД, которые разрабатываются для любой стадии жизненного цикла изделия (изготовления, испытания, ремонта, поставки, эксплуатации, утилизации и т.д.).[22]



Рисунок 1. Характеристика этапов жизненного цикла продукции

Система ЕСКД необходима для обеспечения: использования современных средств и методов при проектировании; разработки КД в едином и максимально понятном стиле, независимо от разработчика и для возможности лёгкого обмена; автоматизации обработки КД; оптимальной комплектности конструкторской документации; высокого качества проектируемых изделий; включения в КД требований безопасности производства и использования изделий как для людей, имущества, так и окружающей среды; снижения сроков и трудоемкости технологической подготовки производства к выпуску продукции; различных упрощений на чертежах; ведения баз данных изделий, материалов, комплектующих и т.д. А также создания единого цифрового пространства промышленности; возможности расширения стандартизации и унификации при проектировании; возможности сертификации продукции; правильной эксплуатации продукции; повышения скорости подготовки документации для быстрой переналадки производства; гармонического взаимодействия с международными стандартами.

Разработка КД протекает несколько стадий. Эти стадии также оговорены в ЕСКД – ГОСТ 2.103-68. И каждой из этих стадий соответствует свое буквенное обозначение, который называется литера. Литера обязательно указывается на чертеже в специальном поле штампа. Так, взяв в руки чертеж или другой документ, всегда и быстро можно понять на какой стадии находится данная документация и данная продукция (изделие). Стадиями разработки КД являются: техническое предложение-Литера П; эскизный проект – Э; технический проект-Т; опытный образец (партия) изделия – О, О1 или О2; серийное (массовое) производство–А или Б. Стадии разработки конструкторской документации представлены на рис.2. Документация, находящаяся на 1,2 или 3 стадии называется проектной конструкторской документацией. А документация, находящаяся на стадии 4 или 5 рабочей конструкторской документацией.[24]

Следует отметить, что предусмотреть всё заранее, особенно при разработке сложных изделий (продукции), довольно не просто. Поэтому является необходимым проводить изготовление опытного образца или опытной партии с проведением различных испытаний. В ходе изготовления и/или испытаний часто возникают предложения по улучшению конструкции продукции (изделия) и проводятся соответствующие корректировки КД. Так конструкторская документация без литеры получает литеру О, О1 или О2 и может переходить в стадию серийного или массового производства для получения литеры А или Б. Над сложными изделиями (продукцией) работают множество конструкторов, целые команды, проходит множество испытаний, доработок, прежде, чем продукция станет

максимально эффективной, соответствующим современным реалиям и в тоже время экономически целесообразным и получит свою долгожданную литеру А или Б.[24]

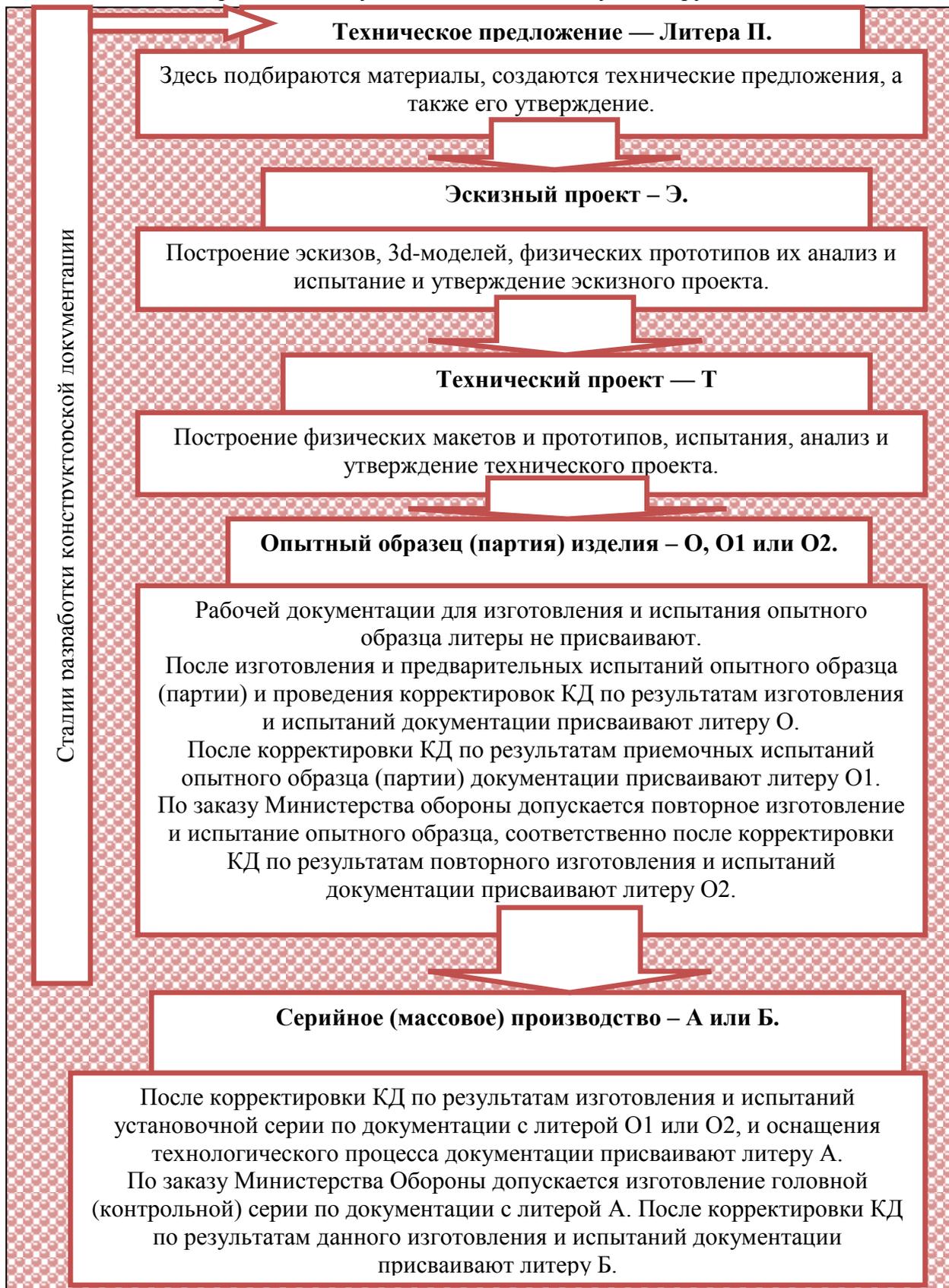


Рисунок 2. Стадии разработки конструкторской документации

Следует отметить, что совсем недавно, всего несколько десятилетий назад, проектирование продукции осуществлялось полностью вручную: простыми карандашами на ватмане, расчеты также велись вручную. Чтобы спроектировать сложную деталь со множеством внутренними элементами нередко приходилось создавать прототип из дерева, пластилина или еще какого мягкого материала и потом его разрезать и проверять размеры. Не реально много труда, и больших ресурсов требовалось для разработки КД. С момента появления компьютеров и их вхождения в жизнь людей, в различные деятельности людей, проектирование стало автоматизированным. Кульманы, ватманы, простые карандаши остались в прошлом. Сегодня- разработка конструкторской документации -ведется только с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР) или САД-систем. Так как преимущества автоматизированного проектирования перед ручной разработкой КД неоспоримы. Низкая трудоемкость, высокая скорость и качество разработки, – это главные преимущества. Это достигается за счет множества факторов: теперь не надо делать прототипы и их испытания, это все делается на электронной модели; стандартные элементы, детали, решения и т.д. уже имеются в САД-системе и создавать их каждый раз нет смысла, они просто достаются из базы данных; трехмерное моделирование дает понимание о работоспособности изделия, дизайне, инженерный анализ модели - о его качестве, надежности еще до начала производства; чертеж получается на основе трехмерной модели, с наложением ассоциативной связи, так при изменении модели, чертеж изменится автоматически.

Перечислять все факторы просто не представляется возможным их очень много. Отметим, что понятие «автоматизированное проектирование» говорит само за себя. Позитивный эффект от использования САД-систем с каждым годом становится все больше и больше, так как системы совершенствуются, всё больше задач становится возможно решать в автоматизированном режиме или в ещё более автоматизированном режиме. Наиболее известными САД-системами являются: AutoCAD, Компас-3D, NX, SolidEdge, Catia, Creo, Solid Works, Fusion 360, Power Shape и многие другие. Данных систем достаточно много, отличаются графическим ядром, функциональными возможностям, но в целом очень похожи; и каждое предприятие выбирает систему, для решения соответствующих специфичных задач.[29]

Отметим, что сочетание промышленных и информационных технологий порождает новые возможности, хотя не все ожидания оправдываются, и сегодня выбрать наиболее эффективную автоматизированную систему для проектирования продукции, является не простой задачей. Четвертую промышленную революцию, или «Индустрию 4.0», которой

отроду менее десятилетия, можно назвать итогом столкновения волны новейших информационных технологий с технологиями промышленной автоматизации, которые десятилетиями развивались относительно «неспешно». Синергия двух направлений дала огромный экономический эффект, который уже начал проявляться в работе промышленных предприятий: появляется более точное и качественное производство с меньшими эксплуатационными расходами; сокращаются простои на профилактику оборудования; сокращаются расходы на логистику, сроки поставок; снижается травматизм.

Многие аналитики уверены, что в ближайшем будущем рынок ждет массовая перестройка производства. Однако уже обозначились нестыковки старого с новым. Проявились серьезные принципиальные проблемы в области интеграции и стандартизации, правового регулирования и конфликта коммерческих интересов. Наконец, особое место в новой системе занимает вопрос безопасности людей – как сотрудников производства, так и живущих в непосредственной близости от промышленных объектов. Такие вопросы невозможно устранить простым обновлением мобильного приложения или операционной системы. Все перечисленное означает, что сегодня нельзя объединить весь комплекс производства в единый «организм».

В продолжении темы, нелишним будет рассмотреть сущность четвертой промышленной революции («Индустрия 4.0»). Впервые термин «Индустрия 4.0» (Industry 4.0) появился в национальной стратегии развития Германии на 2011 год. Он прозвучал в привязке к технологиям встраиваемых систем (embedded systems). Термин обозначает отход от примитивной автоматизации производства с ее многочисленными автономными индустриальными роботами к уровню сетевых «кибер-физических систем». Речь информационной координации между системами и персоналом. В послании Федерального министерства образования и исследований Германии, которое представило новую стратегию развития, была расшифровка: «Машины, которые взаимодействуют друг с другом, сообщают друг другу о неполадках в процессе производства, определяют сокращение запасов производственных материалов и заказывают их пополнение, именно таково видение Индустрии 4.0». Индустрия 4.0 представляет собой революционный путь развития производства, а не эволюционное объединение интернета вещей, больших данных, аналитики и машинного обучения с производственной техникой. Чтобы лучше понять, почему инициативу Industry 4.0 называют «четвёртой промышленной революцией», рассмотрим предшествующие промышленные революции. Характеристика промышленных революций представлена на рис.3.[30]

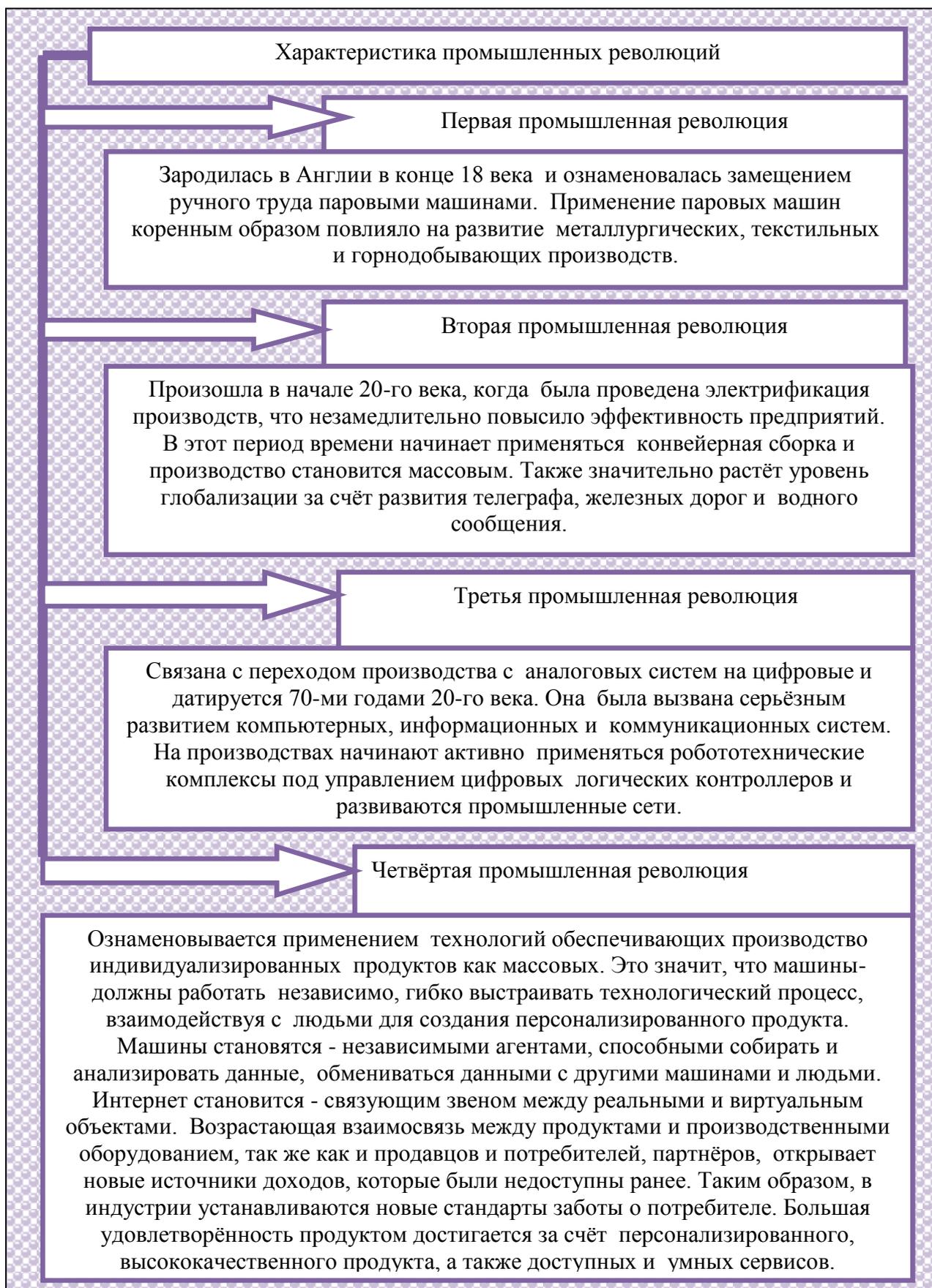


Рисунок 3. Характеристика промышленных революций[30]

Основными основополагающими принципами Industry 4.0 являются: совместимость, виртуализация, децентрализация, данные реального времени, сервис-ориентированность, модульность, табл.1.

Таблица 1

Основополагающие принципы «Industry 4.0»[30]

№ п/п	Принцип	Характеристика принципа
1	Совместимость	Объекты, машины и люди должны обмениваться информацией через сеть Интернет. Это один из основных принципов делающих производство умным;
2	Виртуализация	Системы управления производством должны выстраивать виртуальные копии реальных объектов мира. Также эти системы должны следить за параметрами объектов окружения;
3	Децентрализация	Производственные системы должны работать независимо. Таким образом, отдельные системы смогут реализовывать индивидуализированные заказы, образуя гибкую среду производства
4	Данные реального времени	Умное производство должно собирать, хранить и анализировать данные реального времени для своевременного принятия решений. Умные объекты должны определять дефекты и переопределять задачи на другие машины. Данные реального времени вносят огромный вклад в гибкость и оптимизацию производства;
5	Сервис ориентированность	Продукт должен быть персонализирован. Покупатель с помощью умных устройств должен иметь возможность эффективно через удалённые сервисы создавать персонализированный продукт
6	Модульность	На динамическом глобальном рынке умное производство должно быстро адаптироваться к изменяющимся условиям.

Неотъемлемой составляющей концепции Industry4.0 является управление жизненным циклом изделия. Продукты становятся всё более сложными. Следовательно, всё большее число специалистов из различных областей должны работать как единая команда в одной информационной среде для применения лучших практик для проектирования инновационного продукта. Такую среду для создания, производства и внедрения новых продуктов предоставляют PLM (Product Lifecycle Management) системы. PLM системы управляют процессами проектирования, производства и обслуживания продукта. В настоящее время PLM системы становятся не только центральным репозиторием данных, связанных с продуктом, бизнес-процессами, производственными процессами, CAD, CAM и PDM инструментами для объединения менеджеров и инженеров в единое информационное пространство. PLM становится стратегическим бизнес подходом для создания инновационных продуктов, их разработки и внедрения. Однако, более подробно о PLM системах

будет рассмотрено ниже, согласно структуры работы, целесообразно перейти к характеристике процесса управления конфигурацией.

1.2. Понятие управления конфигурацией

Конфигурация - это знание о том, какова работающая (актуальная) система, выделенная из множества ее возможных вариантов. Конфигурация находится под контролем, если конфигурация определения системы соответствует конфигурации воплощения системы. Если какие-то части этих конфигураций не соответствуют друг другу, то говорят о конфигурационных коллизиях. Управление конфигурацией (configuration management) - техническая дисциплина системной инженерии, обеспечивающая поддержание надлежащей (задуманной, одобренной) конфигурации системы во время всего её жизненного цикла. Если говорить попроще, то управление конфигурацией - это практика, обеспечивающая на протяжении всего жизненного цикла совместимость версий и полноту частей системы.

Управление конфигурацией - практика системно инженерного менеджмента - она занимается поддержанием целостности системы на протяжении всего ЖЦ. В рамках этой практики выпускаются различные виды спецификаций закупаемого/изготавливаемого оборудования/изделий - ВОР (bill of materials, список комплектующих). Отнесение управления конфигурацией к системной инженерии означает, что конфигурация обязательно относится ко всей системе. Управляющий конфигурацией — системный инженер, наряду с инженером по требованиям, системным архитектором, интегратором.[31]

В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 – 2005[25], цель процесса управления конфигурацией состоит в установлении и поддержании целостности всех идентифицированных выходных результатов проекта или процесса обеспечения доступа к ним любой заинтересованной стороны. В результате успешного осуществления процесса управления конфигурацией: а) определяется стратегия управления конфигурацией; б) определяются элементы, нуждающиеся в управлении конфигурацией; в) устанавливается базовая линия конфигурации; г) контролируются изменения элементов, нуждающихся в управлении конфигурацией; д) контролируется конфигурация выделенных элементов; е) становится доступным на протяжении всего жизненного цикла статус элементов конфигурации, на которые распространяется управление.

При реализации процесса управления конфигурацией организация должна осуществлять следующие действия в соответствии с принятой политикой и процедурами: а) определять стратегию управления конфигурацией; б) идентифицировать элементы, которые

необходимо контролировать в процессе управления конфигурацией; с) поддерживать информацию о конфигурации на приемлемом уровне целостности и защищенности; d) гарантировать, что изменения базовой линии конфигурации соответствующим образом идентифицируются, записываются, оцениваются, утверждаются, проводятся и верифицируются.

Управление конфигурацией включает в себя следующие понятия:

а) базис (configuration baseline) — исходная (утвержденная) конфигурация; базис определяется на следующих этапах: выбор концепции, техническое проектирование, табл.2.

Таблица 2

Этапы для определения базиса в управлении конфигурацией[24]

Базис	Определяется на этапе	Тип спецификации	Характеристики	Описываемый элемент
Функциональный (Functional)	Выбор концепции	A	Функциональные спецификации	Система
Физический (Allocated)	Техническое проектирование	B	Проектная документация	Элемент конфигурации
Продуктовый (Product)	Техническое проектирование	C, D, E	Производственно-технологическая документация	Элемент конфигурации

б) версия/ревизия (version/revision);

в) элемент конфигурации (configuration item, CI) - элемент системы, который является основой для описания и формального управления проектированием системы, базовая часть системы, которая проектируется, конструируется и создается силами одной организации. Характеристики и интерфейсы CI с другими составными частями должны быть определены и контролироваться, чтобы гарантировать надлежащее функционирование CI в составе системы в целом. При этом различают: аппаратные элементы конфигурации (hardware CI — HWCИ); элементы конфигурации программного обеспечения компьютера (computer software CI — CSCИ);

г) управление интерфейсами;

д) управление изменениями.

Управление конфигурацией проще осуществлять, когда есть один административный центр, который вводит обязательную идентификацию, осуществляет обязательный регламент учёта; ведет централизованное версионирование. При распределенной разработке каждая из участвующих в проекте организаций имеет собственные предпочтения по управлению конфигурацией (кодировки, учётные регламенты, версионирование). Собрать из

этого распределенного конфигурационного массива базис обычно представляет собой непростую задачу.

Так, любая PLM-система – поддерживает управление конфигурацией. Но если в расширенной организации (extended enterprise) используется несколько разных PLM-систем, то немедленно начнутся проблемы. Еще большие проблемы могут возникнуть, если нет полноценной (организация+софт) системы управления жизненным циклом (СУЖЦ), а есть только неподдержанный организационными решениями (необходимым для управления конфигурацией workflow) софт PLM.

Коллизии, возникающие из проблем управления конфигурацией- самые распространенные. Отсутствие управления конфигурацией как раз и создает проблемы. Поэтому разворачивание технологии управления конфигурацией - центральная забота при создании СУЖЦ. Управление конфигурацией требует: указания метода (управлять конфигурацией можно очень и очень по-разному, есть самые разные теории на этот счёт - теории идентификации, учёта, версионирования); обучения людей - это дисциплина, её нужно знать, и ей нужно неотъемлемо следовать; разворачивания в организациях технологии: конфигурационных баз данных, справочников по кодировкам, систем версионирования и т.д.

Рассмотрим управление конфигурацией в программной инженерии. Конфигурационное управление в программной инженерии (англ. software configuration management, SCM) - комплекс методов, направленных на систематический учёт изменений, вносимых разработчиками в программный продукт в процессе его разработки и сопровождения, сохранение целостности системы после изменений, предотвращение нежелательных и непредсказуемых эффектов, формализацию процесса внесения изменений.

Изначально -управление конфигурацией -применялось не в программировании. Под конфигурацией понимался состав деталей конечного продукта и «взаимное расположение частей» физического изделия. Таким образом, конфигурацией можно управлять, контролируя документы, описывающие конечный продукт, требования к нему, всю его проектную и технологическую документацию.

В связи с высокой динамичностью сферы разработки ПО, в ней конфигурационное управление особенно полезно. К процедурам можно отнести: создание резервных копий, контроль исходного кода, контроль требований проекта, контроль документации и т. д. Степень формальности выполнения данных процедур зависит от размеров проекта, и при правильной её оценке данная концепция может быть очень полезна.

Согласно международному стандарту- ISO/IEC 12207- процесс управления конфигурацией является процессом применения административных и технических процедур

на всем протяжении жизненного цикла программных средств для: обозначения, определения и установления состояния (базовой линии) программных объектов в системе; управления изменениями и выпуском объектов; описания и сообщения о состояниях объектов и заявок на внесение изменений в них; обеспечения полноты, совместимости и правильности объектов; управления хранением, обращением и поставкой объектов. Данный процесс состоит из следующих работ: подготовка процесса; определение конфигурации; контроль конфигурации; учет состояний конфигурации; оценка конфигурации; управление выпуском и поставка.

Система управления версиями (Version Control System, VCS) - это программное обеспечение для облегчения работы с изменяющейся информацией. Система управления версиями позволяет хранить несколько версий одного и того же документа, при необходимости возвращаться к более ранним версиям, определять, кто и когда сделал то или иное изменение, и многое другое. Примерами систем управления версиями являются следующие: клиент-серверные, распределенные, табл.3.[32]

Таблица 3

Система управления версиями

№ п/п	системы	виды
1	Клиент-серверные	
1.1.	Open source	Concurrent Versions System (CVS) CVSNT OpenCVS Subversion (SVN) Vesta
1.2	Проприетарные	Autodesk Vault – для файлов AutoCAD и Autodesk Inventor. IBM Rational ClearCase IBM Rational Team Concert – система управления жизненным циклом IC Manage Global Design Platform (GDP) PTC Integrity Perforce Helix PVCS IBM Rational Synergy – система управления изменениями и конфигурацией TeamWork – контроль версий для СУБД
2		Распределенные
2.1	Open source	Git Mercurial
2.2	Проприетарные	Code Co-op Sun WorkShop TeamWare Plastic SCM

Для управления конфигурацией определения системы сейчас используют информационные системы: 1)VCS (version control system) - система управления версиями в программной инженерии; 2)PDM-система (product data management) — система хранения информации проекта-design; 3)PLM-система (product life cycle management) - система управления жизненным циклом, это PDM + система управления изменениями и поддержка интерфейсов в другие информационные системы других стадий жизненного цикла - системы закупок, например; 4)EAM-система (enterprise asset management)- система управления активами, используется для учёта установленного оборудования на стадии эксплуатации. [32]Таким образом, выше была рассмотрена сущность - системы управления конфигурацией, цель процесса управления, основные информационные системы, применяемые в управлении конфигурацией. Для управления жизненным циклом продукции, в том числе и для проектирования конструкторской документации применяется PLM-система, для того, чтобы подробнее рассмотреть сущность PLM-технологии, перейдем к следующему параграфу исследования.

1.3.Современная PLM-концепция

1.3.1.Роль PLM-технологии, как единой информационной системы, в процессе проектирования продукции

Рассмотрим роль PLM системы в процессе проектирования продукции, под которой скрывается- исследование времени жизни абсолютно любого продукта (Product Lifecycle Management). Данный термин впервые появился приблизительно 30 лет назад, и с тех пор соответствующая техника хорошо применяется для управления жизненным циклом продукции. До 1995 года многие люди не знали, как применять только входившую в жизнь инновацию. В особенности это относилось к просчету инженерных проектов, поскольку не существовало подобных разработок, а значит, информации по исследуемому объекту тоже не было. Через два десятилетия отрасль производства хорошо сформировалась, и понятие PLM- закрепилось в деятельности всего человечества.[38]

На Международном конгрессе по ведению бизнеса давно определили, что ПЛМ – это грамотный стратегический прием для осуществления производственных вычислений и планирований. В международном технологическом сообществе было принято решение считать, что PLM инновации – это очень правильный подход для ведения бизнеса. С их использованием поддерживается вся инфраструктура производства товаров, потому что

представляемая информация отображает все ключевые показатели изделия. Начиная с самого изготовления, и заканчивая завершением использования с последующей утилизацией.

В процессе производства не обойтись без автоматизированных программ для проектирования и расчетов, так как с подобными решениями можно улучшать производительность всего предприятия. К процессу закупки, разработки, изготовления и продаж будут иметь доступ все инженеры, заказчики, исполнители, а также другие рабочие за счет удобной системы интеграции файлов и документооборота. Основными методиками и технологиями PLM-систем являются: системная инженерия, цифровое производство, мониторинг оборудования, анализ рисков при проектировании, проектирование сверху-вниз и другое, рис.4 (Приложение 1).

Основными задачами, решаемыми при помощи методов моделирования являются: грамотное управление жизненным циклом продукта продлевается до завершения этапа его использования; общая технологическая разработка изделия, она достигается благодаря общей сфере проектирования; полноценная модуляция изменения конфигурации параметров изделия; управление документами и информационными моделями; распределение денежной суммы за поставку и обслуживание рабочего цикла товаров; рассмотрение и тестирование объектов производства с учетом его характеристик; проверка надежности, связанная с техническим обслуживанием проекта и другие функции. Сложные в реализации объекты можно построить только при тщательном планировании. [38]

Рассмотрим преимущества использования PLM систем. В самом начале зарождения системы PLM производилось только управление жизненным циклом продукции. Просматривались только данные периода от начала изготовления до выпуска готовой продукции. Но в данное время такие программы используются и для проведения многих других операций, таким образом можно собирать огромное количество данных. Это происходит на протяжении всей жизни партии, каждая стадия проходит тщательное наблюдение специалистами. Чтобы вести грамотный бизнес и не сталкиваться с ошибками, следует пользоваться помощью компьютерных технологий. Только в таком случае производство будет процветать.

Однако, существуют некоторые особенности применения PLM-решений в России и за рубежом. Поскольку рынки устроены по-разному, то и способы применения PLM-решений различаются. За рубежом всем понятно, что задача PLM-решений –это однозначно сокращать сроки вывода продукта -на рынок, к заказчику. В России, предприятия, работающие на большую цель, пока еще не задумываются об эффективности. Точнее, даже не так: главное – решить задачу, но часто не означает всегда.

Российские и американские предприятия в сфере ОПК по-разному подходят к вопросам информационной безопасности. Например, за океаном информационную безопасность чаще рассматривают как требование сохранения коммерческой тайны, а в России – как государственной тайны. Поэтому- применяемые для этого инструменты- различаются. Когда защищают государственную тайну, с затратами не считаются. Кроме того, различается инженерный менталитет. Промышленность нашей страны создавалась при СССР по мобилизационному сценарию, что наложило особенности на инженерные процессы. Строго прописанные технологические процессы (как и что изготовить) – способ подготовки к тиражированию, масштабированию производства по требованию государства. За границей наоборот – нет маршрутно-операционного описания технологии производства: как правило, укрупненно описывается маршрут изготовления, по которому пойдет продукция (изделие). [43] В любом случае, компании, которые имеют довольно высокий рейтинг продаж говорят, что перспектив развития PLM очень много. [43] PLM -системы при правильной эксплуатации позволяют снижать затраты на изготовление и реализацию, транспортировку продукции. Соблюдение правил ведения бизнеса способствует положительной динамике- в глазах потребителей, а также и всей общественности. Возросшая конкуренция привела к заметному ужесточению требований, предъявляемых пользователями к оценке всевозможной продукции. Только грамотное решение задач при помощи компьютерных технологий поможет эффективно задействовать этот ресурс. Используя софт, не нужно думать о заполнении бланков данных, все автоматизировано и происходит без дополнительной помощи человека. В том числе соблюдаются нормы техники безопасности и прочие оговоренные законодательством стандарты.

Таким образом, PLM - системы нужны для управления стадиями жизненного цикла изделия, контроля за производством. Система PLM решений позволяет контролировать все этапы изготовления продукта: подбор сырья, проектирование, особенности при создании, упаковке и реализации. Для того, чтобы подробнее рассмотреть мировые практики реализации управления конфигурацией на базе PLM-решений, перейдем к следующему параграфу исследования.

1.3.2. Мировые практики реализации управления конфигурацией на базе PLM-решений

Управление конфигурацией, в том числе и- управление изменениями, невозможно рассматривать отдельно от управления данными (управления информацией, интеграции

данных жизненного цикла и т.д.). Сюда попадают следующие практики: 1) практика выпуска (release) инженерных артефактов (например, выпуск чертежей) — можно обсуждать, является ли hand-over данных входящим в эту практику, или должен рассматриваться отдельно; 2) практика выпуска заказных спецификаций (BOM, bill of materials); 3) практика запросов на изменения; 4) практика изменения проекта; 5) практика управления данными (чтобы нужные заинтересованным сторонам данные оказывались у них в нужное время, «управление требованиями», как часть инженерии требований, отвечающая именно за то, чтобы требования адекватно хранились и адекватно предоставлялись по запросам заинтересованных сторон - это часть именно этой практики. «Управление требованиями» в отличие их от управления любыми другими данными, не имеет никаких особенностей).

Управление конфигурацией имеет следующие основные практики:

1) Идентификация — поддержка инженерных разбиений (классификаций, кодировок) и именования/кодировки отдельных конфигурационных единиц (configuration items). Именно тут обсуждаются PBS, GBS, WBS и разные системы кодировок типа RDS-PP, KKS, RTM, S1000D и т.д.

2) Конфигурационный учет/регистрация - административное обеспечение взаимного соответствия: проекта (включая требования), исполнительной документации (as built, «что мы думаем о реальной системе»), самой системы «в железе и бетоне». Обычно обеспечивается: наличием конфигурационной базы данных (CMDB-configuration management data base); административными процедурами по её ведению (в т.ч. по назначению ведущего учёта (регистратора), передаче ведения учёта от регистратора регистратору, делегированию полномочий по учёту в порядке распределенной учётной деятельности и т.д.).

3) Контроль версий (version/revision control): обеспечение того, что базис (утвержденная для каких-то целей конфигурация) собирается из взаимно соответствующих версий частей системы (будь то версии проектной или исполнительной документации, или же версии самой системы «в железе и бетоне»).

Итак, выше были рассмотрены основные практики управления данными и конфигурацией. В продолжении темы, рассмотрим более детально методологию PLM и её реализацию на примере разработчика поставщика – компании Dassault Systemes`. Выбор такого разработчика связан с тем, что он занимает лидирующие позиции в мире по разработке PLM –системы. В соответствии с концепцией 3D PLM, Dassault Systemes` разработала систему взаимосвязанных процесс-ориентированных решений, основанных на передовых компьютерных технологиях трехмерного (англ. 3D) моделирования и реализующих пять фундаментальных принципов построения PLM: а) Ориентация на

специфические бизнес-процессы каждой отрасли промышленности (англ. process centric); б) Единое информационное пространство для всех участников работы над изделием (англ. collaborative workspace); в) Единство описания изделия, процесса его создания и ресурсов, необходимых для реализации этого процесса (англ. product process resources); г) Накопление и использование полученных знаний для создания новых изделий (англ. knowledge); д) Открытая компонентная архитектура, позволяющая неограниченно расширять и углублять функциональность системы за счёт сторонних разработчиков.

Решение Dassault Systemes` включает программные продукты полностью консолидированных брэндов: CATIA- для проектирования изделия; SIMULIA - для инженерного анализа; ENOVIA - для управления данными об изделии на протяжении его жизненного цикла; DELMIA - для управления процессами производства и эксплуатации изделия, а также для планирования и оптимизации необходимых для этого ресурсов; 3DVIA Composer- для создания интерактивных технических руководств. В настоящее время компания Dassault Systemes` представляет платформу 3DEXperience, в рамках которой функционируют все упомянутые выше программные системы. Многие крупные промышленные предприятия начали переход на эту информационно-технологическую платформу. Однако, настоящее время в промышленности по большей части используются программные продукты, разработанные на базе платформы V5, т.е. предыдущего поколения программных продуктов компании. Рассмотрим кратко отдельные компоненты данной PLM-платформы.[44]

1) Система CATIA. Название CATIA является аббревиатурой от Computer Aided Three Dimensional Interactive Application, что можно (с учётом смысловых акцентов) перевести как «компьютерный комплекс трёхмерных интерактивных инженерных приложений». Система CATIA предоставляет инструментарий для следующих участников процесса производства промышленного изделия: а) Для инженера-проектировщика — инструменты системы поддерживают проведение всестороннего анализа и позволяют определять требования, функциональные характеристики и укрупненное задание структуры изделия; б) Для дизайнера - система обеспечивает создание внешнего вида изделия, с учётом самых современных требований к его дизайну; в) Для инженера-конструктора - система поддерживает конструирование изделия с учётом требований, возможностей производства, имеющихся ресурсов и т.д. Система позволяет конструировать изделия различной сложности, включая большие сборки, изделия из композиционных материалов, технологическую оснастку (штампы, литьевые формы) и др.; г) Для инженера-расчётчика — инструменты системы обеспечивают использование методов проверочного анализа контроля

для оценки изделия на ранних стадиях его проектирования, оптимизацию конструкции, выявление зон риска улучшение эргономических показателей изделия, а также процессов его производства; д) Для инженера-технолога- обеспечивается подготовка управляющих программ для станков с числовым программным управлением (сокр. ЧПУ), создание виртуальных моделей оборудования с последующим использованием результатов для верификации и оптимизации производственных процессов.

Система САТІА настраивается по модульному принципу. Модуль — это программный компонент системы. Каждый модуль системы используется для определённой задачи (например, модуль твердотельного проектирования, модуль проектирования сборок, модуль выпуска чертёжной документации, модуль проектирования формообразующих поверхностей для штамповой оснастки и т. д.). В свою очередь, модули объединяются в конфигурации по принципу обеспечения законченного выполнения того или иного этапа проектирования. При этом модули полностью интегрированы друг с другом, что позволяет работать с единой 3D-моделью на всех этапах проектирования изделия и оснастки, а также обеспечить отсутствие ошибок, которые неизбежно возникли бы при передаче геометрии между различными системами. Часть модулей, в зависимости от своего назначения могут входить в различные конфигурации. Важным элементом представления информации проекта является дерево проекта. В нем отражена концепция «Продукт– Процесс–Ресурс», которая состоит в том, что дерево проекта - должен содержать не только информацию о геометрическом построении изделия, но и дополнительные данные, которые порождаются на других этапах жизненного цикла изделия. В общем случае, дерево в системе САТІА содержит три основные ветви: а) Product (Продукт) - данная ветвь определяет структуру изделия и может включать в себя сборки и механические связи между элементами, детали со всеми входящими геометрическими элементами их построения (точки, кривые, поверхности, твердотельные элементы, элементы оформления и т. д.) в иерархическом порядке; б) Process (Процесс) — данная ветвь включает все, создаваемые в САТІА процессы (управляющие программы для станков с ЧПУ, перемещение компонентов при задании сборочных операций, перемещение рабочих органов оборудования при использовании его виртуальных моделей и т. д.). Большинство процессов создаётся также в системе DELMIA, о которой будет сказано ниже; в) Resource (Ресурс) — ветвь, содержащая все используемые ресурсы, такие как используемый для обработки на станках с ЧПУ инструмент и приспособления, виртуальные модели станков и другого оборудования, используемого в различных производственных процессах (в полной мере эта ветвь дерева используется системой DELMIA).

В последнее время всё более широкое распространение получает новый подход к проектированию изделий, который называется RFLP и объединяет в себе: а) Requirements — текстовое описание и визуальное представление информации о требованиях к будущему изделию; б) Functional — описание функциональных свойств изделия; в) Logical — логическая схема проектируемого изделия. г) Physical — описание виртуального объекта в САД-модулях (структура изделия, чертёж, принципиальная схема, модель). Такой подход реализован в CATIA и применяется в современных приборостроительных отраслях. Кратко функциональные возможности системы CATIA представлены в Приложении 2.

2) Система DELMIA. Эта система содержит набор инструментов для цифрового описания, прогнозирования и моделирования производственных процессов изготовления изделий и необходимых для этого ресурсов. По сути DELMIA - это «цифровая виртуальная фабрика», позволяющая исследовать и оптимизировать процессы изготовления изделий, настройки и обслуживания оборудования и оснастки до начала их реального производства. Будучи объединённой с системой CATIA, DELMIA позволяет моделировать процессы изготовления изделия параллельно с его проектированием, оперативно учитывая возникающие конструктивные изменения и ограничения. Это позволяет существенно сокращать сроки разработки и запуска в производство новых изделий, повышать их качество и технологичность. Подсистемы и задачи, решаемые системой DELMIA представлены в Приложении 3.

3) Система 3DVIA Composer. Данная система служит для создания интерактивных электронных технических руководств (сокр. ИЭТР). ИЭТР включает взаимосвязанные технические данные, необходимые при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия. ИЭТР предоставляет пользователю справочную и описательную информацию об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время их проведения в интерактивном режиме. В настоящее время всё большее распространение получают ИЭТР, содержащие анимированное представление процессов обслуживания и ремонта на основе использования 3D-моделей изделий и их компонентов. Для создания таких руководств используются специальные средства, к которым можно отнести систему 3DVIA Composer, разработанную Dassault Systemes`.

Система 3DVIA Composer — это универсальный инструмент, предназначенный для создания интерактивной технической документации на проектируемые изделия. С помощью удобной и функциональной системы разработки мультимедийного контента, 3DVIA Composer автоматизирует процедуры сборки/разборки изделия, создания технических иллюстраций, интерактивной 3D-анимации и т. д.

3DVIA Composer находит успешное применение в отделах продаж, маркетинга, сервисного обслуживания, обучения, конструкторских и производственных подразделениях. В системе 3DVIA Composer организована поддержка широкого перечня форматов современных систем проектирования (CATIA, SolidWorks и др.), что позволяет импортировать в проект 3D данные напрямую или после их преобразования в универсальные форматы: 3DXML, IGES, STEP. Созданный проект можно экспортировать в исполняемый файл со встроенной программой просмотра, что позволяет открыть его на любом компьютере без предварительной установки каких-либо CAD-систем. Проекты 3DVIA Composer можно также сохранять в различных стандартных форматах, например: PDF, HTML, SVG, CGM, 3DXML, AVI, в приложениях Microsoft Office и др., которые позволяют использовать графические и мультимедийные объекты 3DVIA Composer в традиционной текстовой документации.

Применение 3DVIA Composer позволяет существенным образом сократить время, затрачиваемое на переделку или обновление документации при внесении изменений в конструкцию изделия. Обновление происходит автоматически за счёт ассоциативной связи с конструкторской 3D-моделью. Разработку документации в 3DVIA Composer можно начинать на ранних этапах, когда конструкторская модель еще не сформирована полностью, а по завершении проектирования легко обновлять графический и мультимедийный контент в подготовленном шаблоне документа.

Интерактивные документы, созданные в 3DVIA Composer, могут быть защищены от нелегального использования с помощью назначения прав доступа к функциям просмотра, копирования и печати, а также полного или частичного отображения/скрытия отдельных элементов или преднамеренного понижения качества 3D модели, когда её геометрические параметры представляют собой интеллектуальную собственность.

4) Система ENOVIA. Эта система относится к классу PDM (англ. Product Data Management). ENOVIA структурирует и связывает все инженерные, организационные и вспомогательные данные, планирует и управляет процессами проектирования и подготовки производства, а также служит интеграционной платформой для взаимодействия с CAD/CAM-системами, корпоративными информационными системами, предназначенными для управления ресурсами предприятия (англ. Enterprise Resource Planning - ERP), взаимоотношениями с клиентами (англ. Customer Relationship Management - CRM) и с поставщиками (англ. Supply Chain Management - SCM). Продукты системы ENOVIA можно разделить на три основные группы: интегрированные решения с различными CAD/CAM/CAE/ECAD-системами; единая БД для управления корпоративной информацией; управление

проектами и процессами при совместной работе. Подробно продукты системы ENOVIA представлены в Приложении 4.

Итак, выше были рассмотрены PLM –решения одного из ведущих мировых разработчиков поставщиков – компании Dassault Systemes`, которые включают программные продукты полностью консолидированных брэндов: CATIA - для проектирования изделия; SIMULIA - для инженерного анализа; ENOVIA - для управления данными об изделии на протяжении его жизненного цикла; DELMIA - для управления процессами производства и эксплуатации изделия, а также для планирования и оптимизации необходимых для этого ресурсов; 3DVIA Composer- для создания интерактивных технических руководств.

В целом, внедрение PLM-решений на практике предприятий приносит ощутимую пользу. Например, в 2017 году компания AMC Bridge успешно интегрировала работу продукта- PLM Windchill от одной из крупнейших из технологических компаний, PTC – с программным обеспечением ZWCAD 2018 Professional от ZWSOFT. [43]Такой союз привел к эффективной работе крупных предприятий, для которых важна связь этапа проектирования продукции и последующий контроль за сведениями о партии, о жизненном цикле изделий. Сочетание привело к следующим преимуществам: а) интеграция данных из проекта в сводки и таблицы; б) поддержание чертежей формата .dwg в панели Windchill; в) пополнение базы данных, открытие ссылок в программе сразу из ZWCAD; г) выполнение опций Revise, Check-In и Check-Out в среде CAD; д) целостность взаимодействия при присоединении модулей и дополнительных утилит; ж) информационные оповещения о событиях и задачах. Все это помогает держать под контролем информацию обо всех изменениях и данных в процессе работы сразу с двумя программами. Так происходит прочная связь всех отделов и спецификаций на основе одной продукции (изделия).[43]

Резюмируя выше изложенное первой главы, можно сделать вывод, что- развитие информационных технологий и коммуникационных устройств создало условия для построения производства, ориентированного на выпуск массового и в то же время индивидуализированного продукта. Это легло в основу концепции Industry 4.0. Говоря о внедрении Industry 4.0 стоит обратить внимание на изменения PLM- систем, которые выполняют ключевую роль в процессах разработки, производства и обслуживания продуктов. PLM системы становятся не только центральным репозиторием данных, связанных с продуктом, бизнес процессами, производственными процессами, инструментами для объединения менеджеров и инженеров в единое информационное пространство, но и стратегическим бизнес подходом для создания инновационных продуктов, их разработки и внедрения. В связи с необходимостью производить персонализированный продукт, значительно усложня-

ется процесс контроля за жизненным циклом изделия. Эффективность от внедрения ИТ возможна только тогда, когда формируется такая система организационных мероприятий, при которой в работу вовлечены все участники ЖЦИ. В настоящее время требуется единый подход к построению и внедрению ИТ, в виду того, что для этого имеются лишь разработки программно-аппаратных комплексов (ПАК) в двух направлениях. Первое -система управления инженерными данными (PDM) и система управления ресурсами и производственными процессами (ERP), которые не связаны между собой. Это обусловлено различием между PDM и ERP, состоящее в том, что PDM-система фокусируется на определении инженерных данных изделия, а ERP-система- на управлении производственными процессами, не связанными в едином информационном пространстве (ЕИП). Свободной от этих недостатков может быть развертывание на такой интегрированной ИТ, какой является PLM-система, набора взаимосвязанных решений всех участников ЖЦИ с возможностью объединения PDM и ERP-систем и организации единую систему. Система PLM позволяет создать ЕИП по всему ЖЦИ, в котором актуальные сведения доступны всем заинтересованным участникам проекта. Для того, чтобы провести анализ - проектирования продукции на анализируемом предприятии, выявить недостатки системы, разработать мероприятия, позволяющие совершенствовать технологию проектирования компании АО «Конструктор», перейдем к следующей главе исследования.

2. АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ АО «КОНСТРУКТОР»

2.1 Общая характеристика АО «Конструктор»

Предприятие АО «Конструктор» является коммерческой организацией, организованной в форме акционерного общества и осуществляет свою деятельность на основании Конституции РФ, ФЗ «Об акционерных обществах», ТК РФ, НК РФ и иных нормативно-правовых актов. АО «Конструктор»-это конструкторское предприятие, специализирующееся на разработке конструкторской документации и проведении расчетов на нагрузки. В компании работает команда профессиональных инженеров, конструкторов и расчетчиков, имеющая большой опыт моделирования, проектирования и расчетов. Основной штат предприятия - это ведущие инженеры-конструкторы и конструкторы первой категории с опытом работы в крупнейших конструкторских бюро. Цель компании- получение прибыли, за счет наилучшей стратегии развития компании на рынке в области проектирования и инжиниринга. При этом, задачами предприятия являются: избавиться от таких недостатков больших конструкторских бюро, как бюрократия, растянутые сроки и завышенная стоимость, предоставив при этом не менее высокий уровень качества выполняемых работ. Компания АО «Конструктор» выполняет проекты различной степени сложности - от чертежей на детали до комплекта конструкторской документации на станки, машины, агрегаты. В том числе, выпускает чертежи по ЕСКД, с учетом всех самых актуальных СНИПов и ГОСТов. АО «Конструктор» работает в области проектирования и инжиниринга с 2010 года. Кратко основные исторические события предприятия можно представить в виде табл. 4.

Рассмотрим подробнее деятельность предприятия АО «Конструктор». Предприятие осуществляет разработку и изготовление конструкторской документации на заказ по широкому спектру изделий в сфере общего машиностроения. Оформление по ЕСКД. Объектами проектирования предприятия АО «Конструктор» являются: конструкторская документация на оборудование; реверс-инжиниринг изделий; разработка чертежей деталей по образцу; проектирование штампов и пресс-форм; технологическая оснастка, нестандартные конструкции и механизмы; нестандартный инструмент; сложные детали и узлы машин, и многое другое. Разработанные изделия используются в тяжелой и нефтяной промышленности, энергосистеме, спорте, медицине, освещении и многих других отраслях народного хозяйства. Основные направления АО «Конструктор»: 1) Разработка КД, проектирование изделий из металла, пластика, дерева, в том числе проектирование штампов

и оснастки; 2) 3d-сканирование, в том числе восстановление изношенных деталей, сканирование объектов искусства; 3) Реверс-инжиниринг, изготовление чертежей по детали в наличии; 4) Векторизация чертежей; 5) Расчеты нагрузки, в том числе прочностные и тепловые расчеты.

Таблица 4

История компании АО «Конструктор»

№ п/п	Годы	События
1	2010	В марте 2010 года в Интернете появился сайт компании для изучения спроса на конструкторские услуги. Формирование команды конструкторов, построение бизнес-процесса «заказчик-менеджер-конструктор».
2	2014	Поддержка малого предпринимательства, внедряющего инновации и импортозамещающие технологии. Цель - предоставление доступных и оперативных услуг по разработке конструкторской документации на изделия. Расширение спектра оказываемых конструкторских услуг: в список услуг добавились расчеты на нагрузки. Повышение квалификации сотрудников, участие в конференциях
3	2015	Развитие и наполнение сайта. Реализовано 40 проектов.
4	2016	Внедрение системы управления проектами. Создание менеджерского отдела. Создание системы внутреннего нормоконтроля, конструкторская документация проходит дополнительную проверку на соответствие нормам ЕСКД и требованиям технического задания. Реализовано 93 проекта.
5	2018	Покупка собственного 3d-сканера RangeVision, организовано направление 3d-сканирования и реверс-инжиниринга. Развитие сайта: создание мобильной версии, начата работа по организации приема платежей через сайт за дистанционные конструкторские услуги. Реализован 191 проект, всего за год в компанию поступило 493 заявки.

Специалисты компании АО «Конструктор» имеют большой опыт работы в следующих программных продуктах: 1) Конструкторские программы: Компас 3D, AutoCad, hinkDesign; 2) Расчетные программы: ANSYS; 3) Программы обработки 3d-моделей: 3ds Max (3D Studio MAX); Geomagic; 4) Графические редакторы: Adobe Photoshop; Adobe InDesign; CorelDRAW. Стратегической целью компании АО «Конструктор» является: «Долгосрочное сотрудничество с каждым клиентом!»

Преимуществами компании АО «Конструктор» являются следующее: в процессе разработки КД конструкторы компании подскажут наилучший способ решения любой технической задачи. От предприятия заказчика - идея, от компании АО «Конструктор» - способ ее реализации. АО «Конструктор» творчески подходит к нестандартным проектам и разрабатывает чертежи с применением конструкторской смекалки. Компания постоянно

работает с изобретателями. Возможно изготовление чертежей по эскизам, по словесному описанию. В случае необходимости, конструкторы смогут технически оформить идею и рассчитать на прочность отдельные узлы. При необходимости заключается соглашение о неразглашении конфиденциальной информации. Стандарт компании АО «Конструктор»- это гибкость в работе с заказчиком при подготовке и выполнении конструкторской документации. Компания оперативно откликается на все нужды и замечания заказчика, проводит работу в минимальные сроки и предоставляет гарантию на свою работу. Возглавляет компанию директор предприятия, в его подчинении находятся все остальные службы организации. Схематично структура управления АО «Конструктор» представлена на рис.4.



Рисунок 4. Организационная структура предприятия АО «Конструктор»

В подчинении начальника конструкторского отдела и его заместителей, находятся специалисты – ведущие конструкторы, инженеры — конструкторы I и II категории и инженеры-конструкторы. Работа конструкторского отдела регламентируется следующими документами: планом освоения производства новых изделий, модернизации выпускаемых изделий и внедрение новых технологий; ежемесячным планом работы конструкторского отдела; индивидуальными личными планами специалистов; приказами, указаниями и протоколами поручений руководителей предприятия; должностными инструкциями начальника конструкторского отдела и специалистов; стандартами предприятия; государственными стандартами и техническими регламентами.

Свою деятельность конструкторский отдел компании АО «Конструктор» осуществляет на основании Положения конструкторском отделе предприятия АО «Конструктор». В данном положении указаны функции, задачи, служебные права и обязанности работников отдела. Кроме этого положения, деятельность регулируется: Уставом предприятия; Законом РФ о техническом регулировании; политикой предприятия в области качества; стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2008 системы менеджмента качества; стандартами Единой системы конструкторской документации; документами системы менеджмента качества (СМК); правилами внутреннего трудового распорядка.

Целями конструкторского отдела АО «Конструктор» являются: создание и поддержание высокого технического уровня конструкторских разработок отвечающих современным требованиям потребителей; разработка и внедрение у потребителей высокопроизводительного оборудования, обеспечивающего высокое качество продукции и увеличение производительности труда; обеспечение снижения материальных, энергетических и трудовых производственных затрат на единицу продукции. Задачами конструкторского отдела предприятия АО «Конструктор» являются: разработка и постановка на производство новых видов изделий; модернизация выпускаемой продукции для улучшения ее потребительских свойств; участие в разработке рекламных текстов новой продукции. Для решения перечисленных задач конструкторский отдел выполняет следующие функции: осуществляет конструкторские разработки новой продукции по всем стадиям проектирования и постановки на производство; осуществляет взаимосвязь предприятия с научно – исследовательскими и проектными предприятиями для решения задач технического развития; участвует в разработке и реализации мероприятий по совершенствованию Системы менеджмента качества предприятия; осуществляет конструкторский надзор за изготовлением изделий в производстве; осуществляет решение оперативных технических вопросов в процессе производства продукции; осуществляет учет,

хранение, размножение и выдачу конструкторской документации пользователям; выдает заключения по использованию несоответствующей продукции и материалов; проводит изучение и анализ причин возникновения несоответствующей продукции и разрабатывает мероприятия по их устранению; участвует в комиссиях по рассмотрению и анализу рекламаций.

Начальник конструкторского отдела имеет право: требовать от руководителей производственных подразделений всех уровней безусловного соблюдения требований технической и конструкторской документации на разработанные и изготавливаемые изделия; получать от всех подразделений предприятия любую информацию, (в том числе для служебного пользования), необходимую для выполнения отделом возложенных на него задач; вносить руководству предприятия предложения по изменению внутренней структуры конструкторского отдела КТЦ и его кадрового состава, а также предложения о поощрении и наказании работников отдела.

Конструкторский отдел предприятия АО «Конструктор» взаимодействует с другими отделами и службами компании АО «Конструктор». Итак, выше были рассмотрены основные направления деятельности предприятия АО «Конструктор», цели, задачи, структура управления. Для того, чтобы подробнее описать систему управления на стадиях жизненного цикла продукции в компании, перейдем к следующему параграфу исследования.

2.2. Управление деятельностью АО «Конструктор» на стадиях жизненного цикла продукции

Рассмотрим деятельность предприятия АО «Конструктор» на стадиях жизненного цикла продукции. После согласования стоимости и условий проект запускается в работу и в общем виде проходит следующие стадии: 1) На основе предоставленной заказчиком информации составляется подробное техническое задание; 2) Конструктор проводит анализ аналогов, ищет технические решения, подбирает комплектующие; 3) Эскизное моделирование – на этом этапе изделие приобретает форму в виде эскизной 3д модели, многие элементы упрощены, крепеж не прорабатывается. Задача – продемонстрировать заказчику технические решения, проверить в первом приближении возможность создания изделия по ТЗ, согласовать внешний вид; 4) Детальное моделирование – после утверждения эскиза 3д модель тщательно прорабатывается и приобретает законченный вид; 5) Выпуск чертежей – на все детали 3д модели, а также сборочных чертежей, спецификаций и

ведомостей; выдается комплект, который можно передавать на производство; 6) Выпуск сопроводительной документации, если требуется – инструкция по эксплуатации, паспорт изделия. Этапы могут отличаться в зависимости от вида и сложности проекта. Возможен также выезд конструктора предприятия АО «Конструктор» к заказчику.

В качестве исходных данных от заказчика является необходимым первичное ТЗ (техническое задание) с описанием всего, что имеется по проекту и что хотелось бы видеть в результате. При необходимости для составления такого ТЗ организуется встреча с ведущим конструктором. Как правило, если не согласовано иное, в качестве результата работ предоставляется 3D модель разработанного изделия и комплект рабочих чертежей. В каком формате необходимо выдать результат - определяется исходя из особенностей дальнейшего производства изделия. Стоимость разработки рабочей конструкторской документации зависит от объема работ.

Конструирование и создание опытных образцов новых изделий, как правило, укладывается в следующий порядок действий: разработка технического задания; научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы; эскизный проект; 3д моделирование; разработка КД; изготовление опытного образца; испытания опытного образца; доработка КД по результатам испытаний, рис. 5. Возможны иные стадии работ, предшествующие серийному производству.

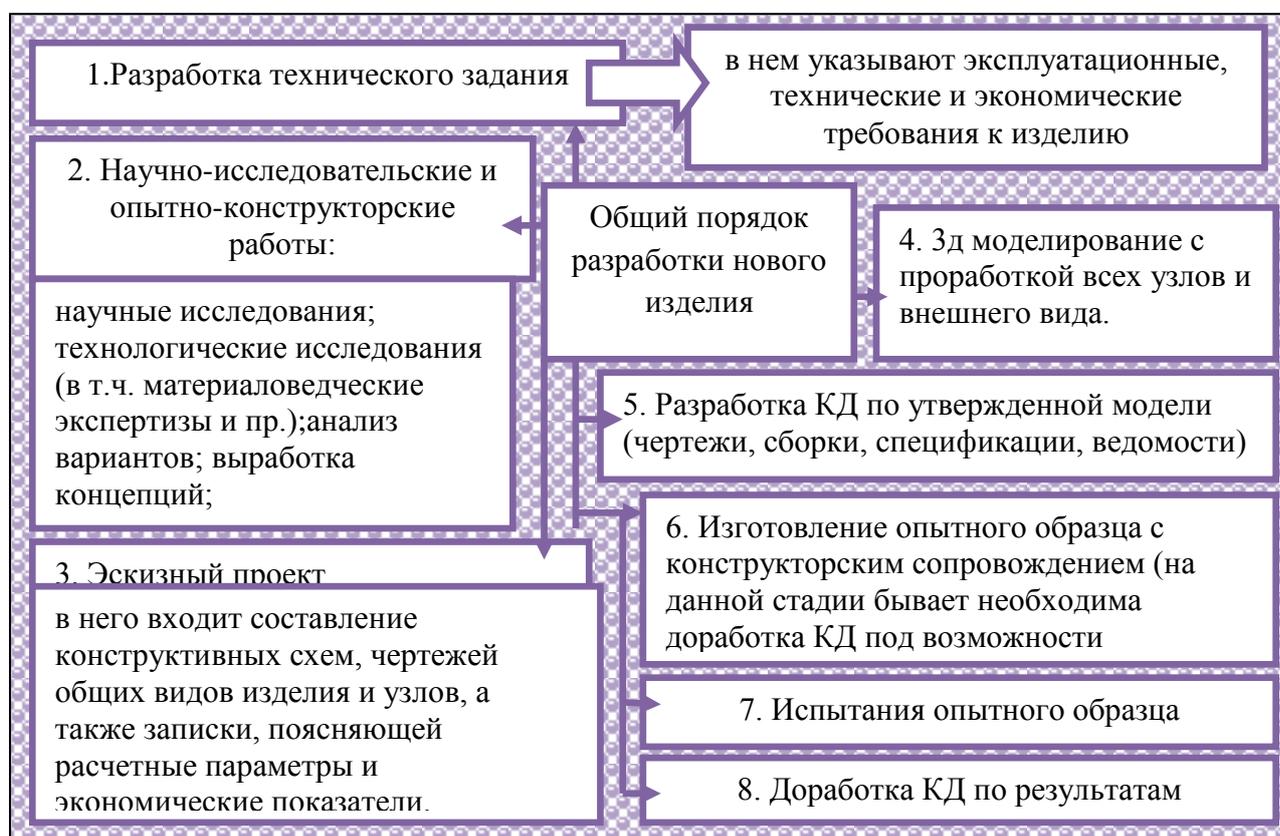


Рисунок 5. Общий порядок разработки нового изделия на предприятии АО «Конструктор»

Рассмотрим подробнее стадии разработки конструкторской документации на предприятии АО «Конструктор»: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация, рис. 6.

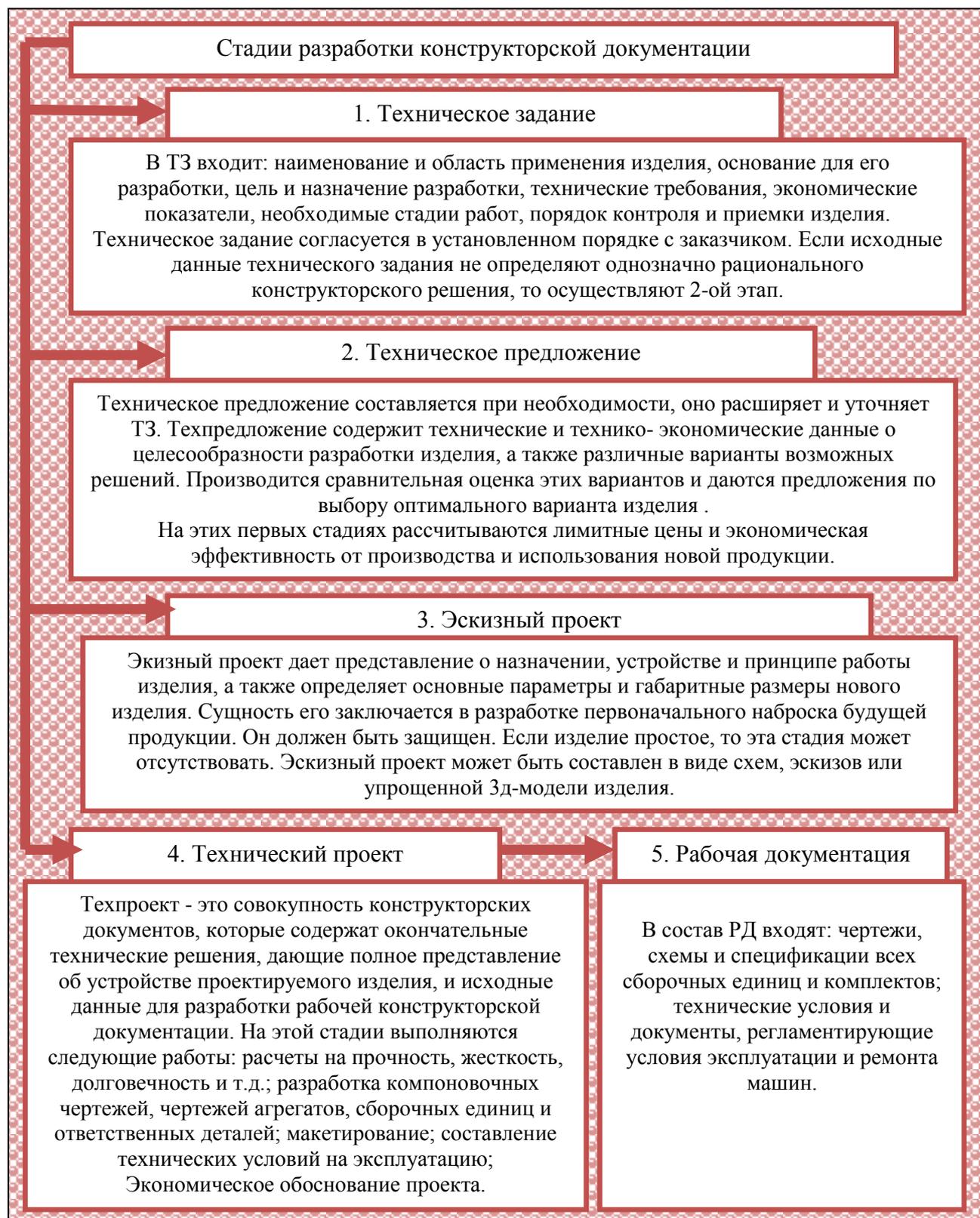


Рисунок 6. Стадии разработки конструкторской документации на предприятии АО «Конструктор»

Кроме разработки конструкторской документации компания АО «Конструктор» осуществляет конструкторское сопровождение. Рассмотрим подробнее для чего нужно конструкторское сопровождение. После разработки конструкторской документации чертежи передаются исполнителям: слесарям, токарям, фрезеровщикам, сборщикам, если это работа с металлом; столярам, плотникам, если это работа с деревом; литейщикам, формовщикам, если это работа с пластмассами, и т.п. Не всегда на этих позициях работают люди, профессионально разбирающиеся в конструкторских обозначениях. Каждый чертеж, кроме проекций и размеров, может содержать в себе много дополнительной информации в виде выносок, сечений, технических требований. Это могут быть верхние и нижние отклонения, обозначения сварки, гидравлика, расчеты, значения прочности.

Существуют допустимые и недопустимые обозначения. На чертежах, созданных специально для низкоквалифицированных рабочих, комментарии могут быть написаны простым, доступным языком. Но если чертеж выполнен по ЕСКД, то многое обозначается специальными символами и сокращениями. В процессе работы у исполнителя могут возникнуть вопросы по однозначной трактовке чертежей. В условиях ограниченного времени самостоятельный поиск ответов может стать настоящей проблемой, а в худшем случае привести к ошибкам в производственном процессе и в результате к браку. Конструкторское сопровождение, как правило, предусматривает личное присутствие конструктора на производстве, для того чтобы иметь возможность в личном общении с исполнителем, наглядно на чертежах, объяснить, что заложено в чертеже и как на выходе получить задуманную разработчиком конструкцию. Таким образом, конструкторское сопровождение – это техническая поддержка и консультации конструктора на этапе воплощения чертежа в готовое изделие. Итак, выше были рассмотрены основные этапы работ на стадиях жизненного цикла продукции. Отметим, что для проектирования, в том числе и разработки конструкторской иной документации применяется автоматизация с помощью различных программных продуктов, описанных выше. Здесь лишь отметим, что основной программный продукт для проектирования – это «Компас 3D». Рассмотрим подробнее функции этой программы. [35]

Компас это комплексная система автоматизированного проектирования (САПР). Она направлена не только на создание объемных цифровых вариантов изделий, но и на разработку чертежей, проектирование различных систем (в том числе кабельных) и создание соответствующей документации. В целом, функционал программы довольно широк, за счет чего она пользуется определенной популярностью, особенно среди начинающих инженеров. Основными функциями программы Компас 3D являются: твердотельное и параметрическое

3D моделирование; наличие стандартных библиотек моделей; построение чертежей и составление технической документации; возможность проектирования изделий из листового материала; учет допусков; огромное количество инструментов, рис. 7.

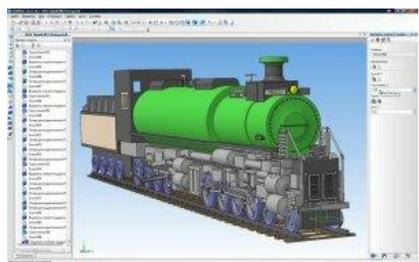
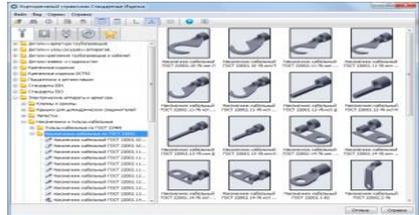
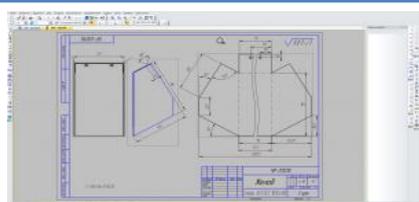
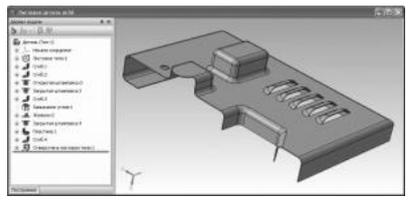
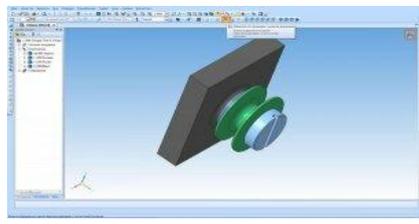
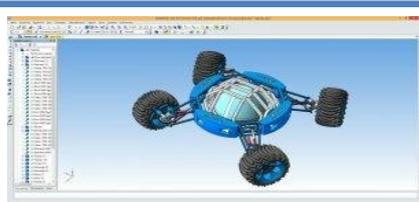
Функции программы «Компас 3D»	
<p>Твердотельное и параметрическое 3D моделирование. Этот процесс очень напоминает моделирование в SolidWorks. 3D модель строится на основе эскизов, к которым применяются стандартные операции. Также есть возможность включения привязок и уравнений</p>	
<p>Наличие стандартных библиотек моделей. В приложении присутствует встроенный каталог готовых моделей. В основном это распространенные технические детали</p>	
<p>Построение чертежей и составление технической документации. Изначально Компас-3D был ориентирован именно на 2D проектирование, потому алгоритм разработки чертежей в нем реализован на высшем уровне</p>	
<p>Возможность проектирования изделий из листового материала. Очень полезная функция, грамотно реализованная в программе. Учтено проектирования множества элементов, включая сгибы, отверстия, вырезы, штамповки и т.д.;</p>	
<p>Учет допусков. Компас-3D – это комплексное приложение для проектирования, в котором при создании модели есть возможность учесть всевозможные допуски, усадку, свойства материала и даже технологию производства конечного изделия</p>	
<p>Огромное количество инструментов. Разработчиками предусмотрено множество полезных функций и инструментов, максимально упрощающих 3D моделирование</p>	

Рисунок 7. Функции программы «Компас 3D»[35]

Программа «Компас 3D» имеет свои особенности, которыми отличается от других, табл.5.

Таблица 5

Особенности программного продукта «Компас 3D»[35]

№ п/п	Особенности	характеристика
1	Собственное ядро.	Программа построена на собственном, уникальном ядре, максимально поддерживающем функции приложения;
2	Русскоязычный интерфейс	Приложение полностью на русском языке и имеет довольно простой и понятный интерфейс, разобраться в котором не составит труда;
3	Интеграция с другими программами	Все, созданное в Компасе, есть возможность перенести в другие САПР и без проблем работать с исходными данными;
4	Поддержка различных файловых форматов	То есть не возникнет проблем с экспортом или импортом созданных изделий: программа поддерживает наиболее популярные форматы файлов;
5	Возможность проектирования трубопроводов, кабелей и кабельных систем.	Благодаря САПР большую часть работы можно выполнить автоматически, без значительных усилий. Эта возможность значительно упрощает проектирование на различных предприятиях;
6	Встроенный модуль	Встроенный модуль для создания электрических цепей

В целом, программный продукт «Компас 3D» представляет собой довольно функциональную программу, программа содержит необходимое количество инструментов и функций и охватывает широкий спектр специфических задач. Основными положительными сторонами программы являются: простота в освоении; обширная библиотека стандартизированных изделий; русскоязычная поддержка и множество дополнительной информации на русском языке; масштабное и продуманное проектирование в 2D; возможность учета свойств большого количества материалов. Однако, несмотря на это, следует выделить и недостатки программного продукта. Для того, чтобы подробнее рассмотреть минусы программы, целесообразно перейти к следующему параграфу исследования.

2.3.Сложности в организации отслеживания и документирования требований в процессе проектирования на разных стадиях жизненного цикла продукции

Применение программного продукта «Компас 3D» на предприятии АО «Конструктор» нельзя назвать успешным, так как данный программный продукт имеет ряд недостатков в отличие от других более совершенных программных средств для проектирования на различных этапах жизненного цикла продукции. Рассмотрим основные недостатки

программы «Компас 3D». Многие операции в программе нужно подтверждать, если это не делать, то выполненные действия не сохраняются. В «Компас 3D» существует возможность сохранения файла во многих форматах, например, CDW, JPEG, CAD и другие форматы, однако, эти форматы можно открыть в других программах, и не обязательно иметь КОМПАС или например, AVTOSCAD. Работа с программой «Компас 3D» требует большего напряжения, усиленного внимания и неоднократного повторения некоторых действий. При работе в «Компас 3D» необходимо отслеживать стиль линии, который отображается в «подсказке» на рабочем поле или в «панели свойств». К примеру, в других программах, при создании эскиза в среде SolidWorks нет необходимости отслеживать стиль линии, автоматически отображаются используемые взаимосвязи (горизонтальность, вертикальность, совпадение точек). Отметим, что в программе «Компас - 3D» при выполнении эскиза элемента детали необходимо отслеживать стиль линии, но при этом невозможно отслеживать правильность построения примитивов т. е. на рабочем поле автоматически не отображаются взаимосвязи примитивов. Правильность построения примитивов эскиза можно отслеживать только командой «отобразить степени свободы», что требует дополнительных затрат времени и внимания. При этом совсем не обязательно, что найдется правильное решение. Для каждого примитива, своя команда размера (для окружности, для угла, для радиуса, для отрезка и т. д.). При редактировании примитивов эскиза (линия, окружность, дуга, многоугольник) поставленный размер в некоторых случаях живет «своей жизнью» т. е. изменение геометрии примитива не влечет изменение его размера. При простановке размера нужно контролировать правильность выполнения этой команды. Поэтому при выполнении эскиза в программе «Компас 3D» затрачивается времени в полтора – два раза больше, чем например, в программе SolidWorks. Кроме этого, случаются проблемы при импорте 3D моделей из других программ, проектировать в 3D сложнее, чем в 2D; плохо реализована возможность визуализации; не слишком хорошо оформлена система поверхностного моделирования. [34]

Более новый и совершенный программный продукт SolidWorks имеет больше преимуществ по сравнению с «Компас - 3D», в частности, программы отличаются по показателям: подобия объекта, зеркального отображения в эскизах, зеркального отображения сгибов, выдавливания нескольких контуров, проецирования криволинейных ребер, текстуры. Рассмотрим подробнее недостатки программного продукта «Компас - 3D» в отличие от возможностей программы «SolidWorks».

1.Подобие объекта. При запуске команды «Подобие объекта» в КОМПАС-3D, можно создать подобие объекта, только тех, которые лежат в плоскости эскиза. В то же время SOLIDWORKS позволяет выбирать любое ребро, даже за границами эскиза, рис.8.

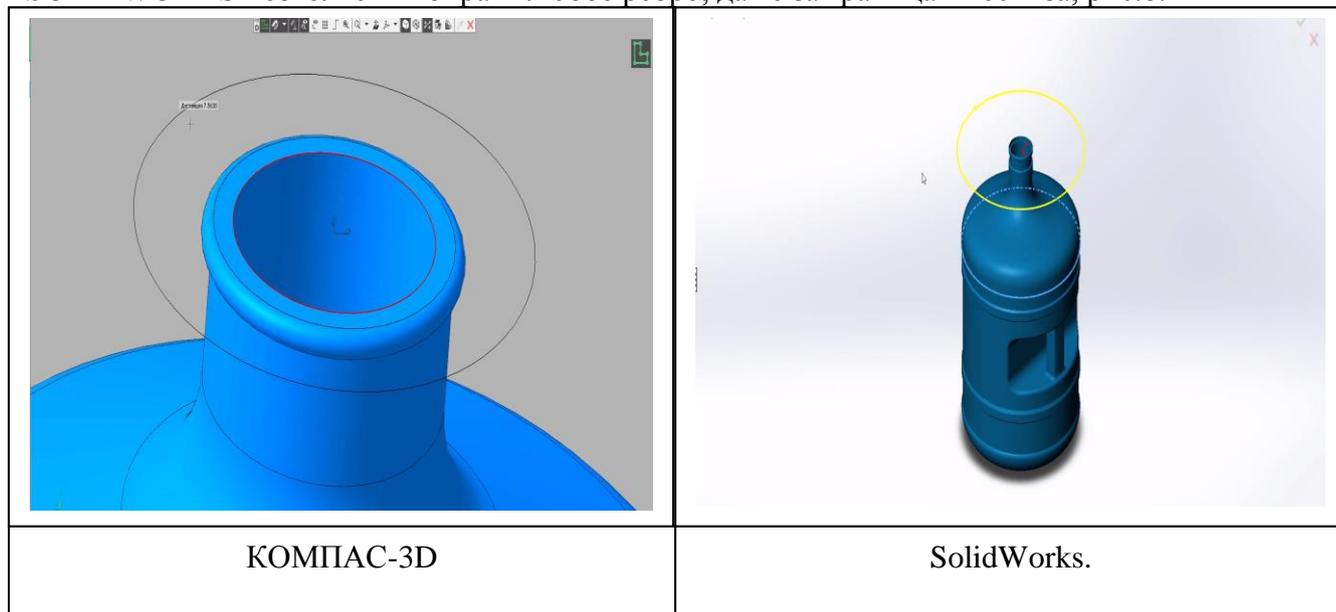


Рисунок 8. Пример работы функции «подобие объекта» в КОМПАС-3D и SolidWorks.[34]

2. Зеркальное отображение в эскизах. При зеркальном отображении эскиза в Компас-3D, эскиз становится не доопределённым, так как зависимости и ограничения не отображаются зеркально. В SOLIDWORKS эта функция реализована более профессионально и при зеркальном отображении все зависимости и ограничения отображаются вместе с эскизом, рис.9.

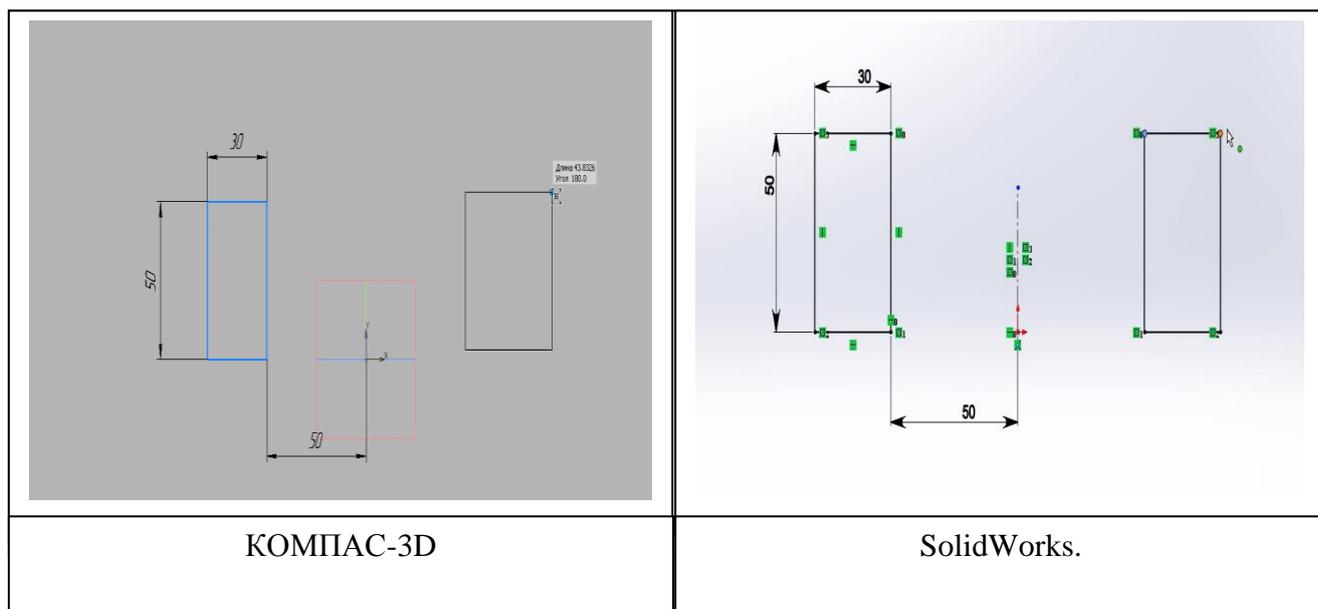


Рисунок 9. Пример работы функции «зеркальное отображение в эскизах» в Компас-3D и SolidWorks[34]

3. Зеркальное отображение сгибов. К сожалению, в Компас-3D не реализована функция зеркального отображения сгибов, что является большим минусом по сравнению с SOLIDWORKS, в котором эта функция реализована. Это очень удобно, так как позволяет создавать симметричные модели быстрее, создавая половину, а вторую зеркально отображать, рис.10.

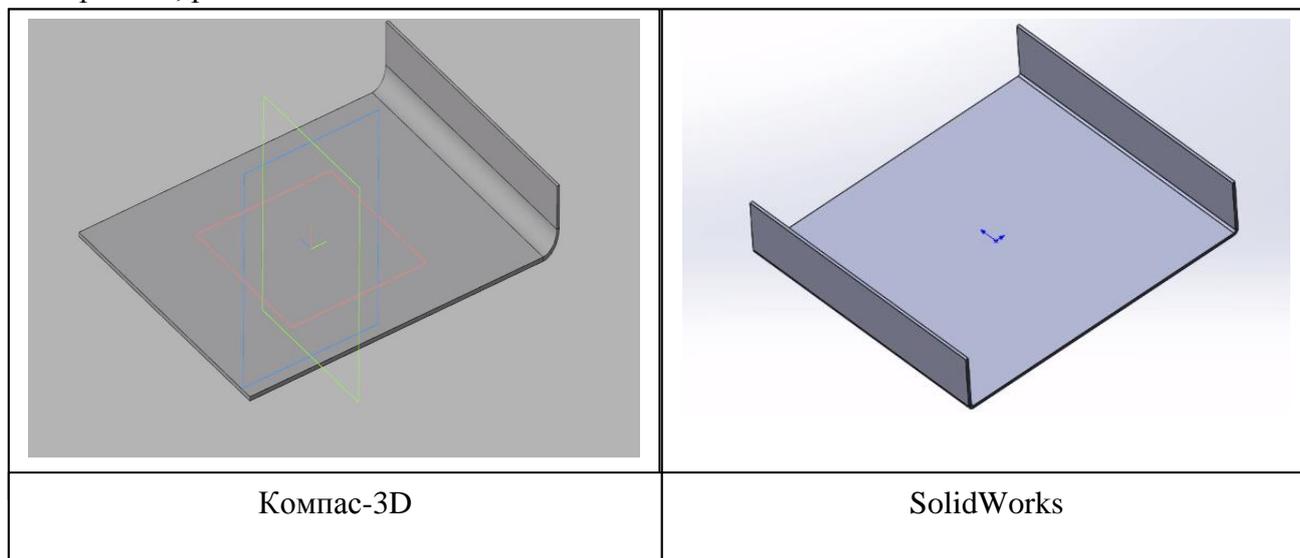


Рисунок 10. Пример работы функции «зеркальное отображение сгибов» в Компас-3D и SolidWorks[34]

4. Выдавливание нескольких контуров. Очень удобно в КОМПАС-3D реализована функция выдавливания контуров, однако SOLIDWORKS превзошел своего конкурента тем, что в КОМПАС-3D выдавливать можно только контуры имеющие самопересечение, в то же время в SOLIDWORKS можно выдавливать несколько контуров, рис.11.

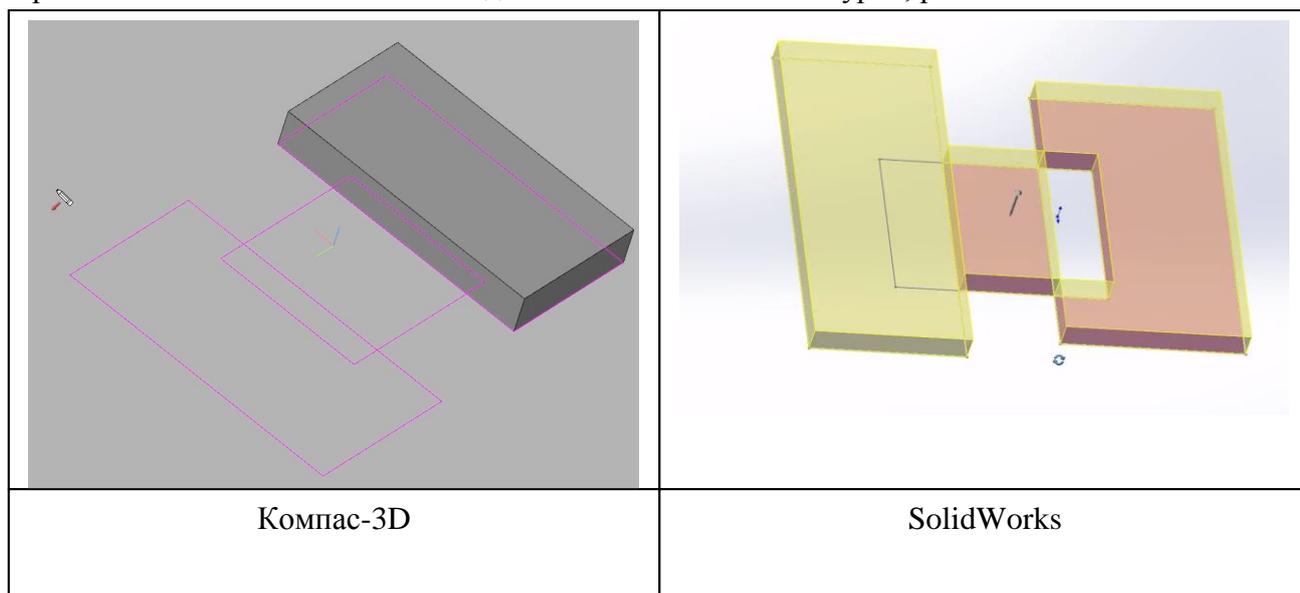


Рисунок 11. Пример работы функции «выдавливание нескольких контуров» в Компас-3D и SolidWorks[34]

5. Проецирование криволинейных ребер. Данная функция реализована только в SOLIDWORKS, в Компас-3D спроецировать можно только прямолинейные ребра, рис.12.

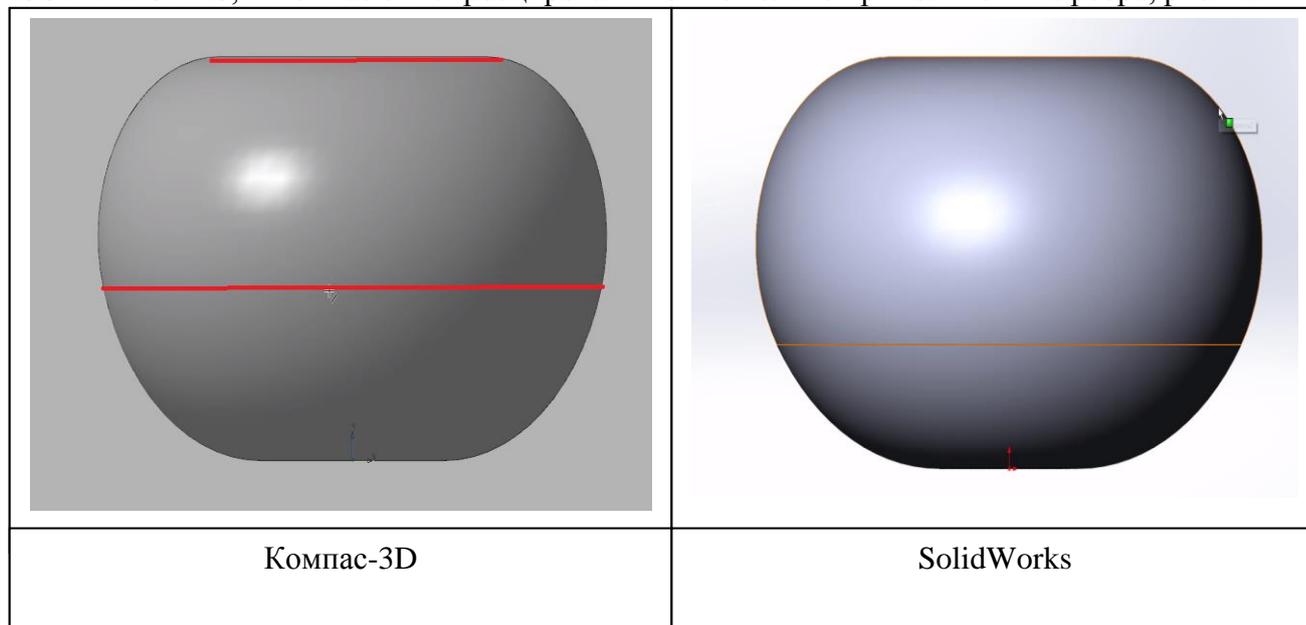


Рисунок 12. Пример работы функции «проецирование криволинейных ребер» в Компас-3D и SolidWorks[34]

6. Текстуры. В Компас-3D можно лишь выбирать цвет из палитры. В SOLIDWORKS же можно применять текстуры как к детали целиком, так и к телу либо поверхности, рис.13.

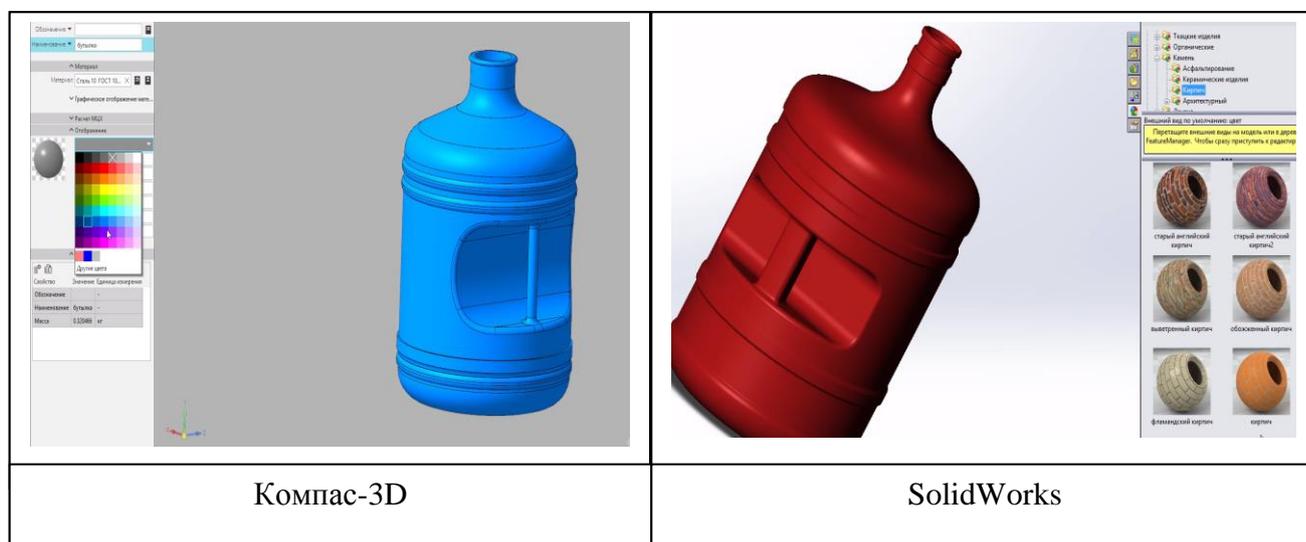


Рисунок 13. Пример работы с текстурами в Компас-3D и SolidWorks[34]

Таким образом, представленный анализ показал, что программный продукт «SolidWorks» намного превосходит «Компас-3D», при этом основными недостатками «Компас-3D» являются: многие операции в программе нужно подтверждать, если это не делать, то выполненные действия не сохраняются; выполнении эскиза элемента детали необходимо отслеживать стиль линии, но при этом невозможно отслеживать правильность построения примитивов; при выполнении эскиза в программе «Компас 3D» затрачивается

много времени случаются проблемы при импорте 3D моделей из других программ, проектировать в 3D сложнее, чем в 2D; плохо реализована возможность визуализации; не слишком хорошо оформлена система поверхностного моделирования и другое. Качество выполнения обязанностей конструкторов напрямую зависит от выбранных для работы программ. Следовательно, перевод инженерных данных компании АО «Конструктор» под управление более совершенного программного продукта PLM-системы является необходимостью. Для того, чтобы описать Организационно-технические предпосылки перевода и выбрать наиболее подходящий программный продукт, перейдем к следующим параграфам исследования.

2.4 Организационно-технические предпосылки для перевода инженерных данных АО «Конструктор» под управление PLM-систем

Прежде, чем определиться с выбором программного продукта на предприятии АО «Конструктор» для совершенствования системы проектирования, необходимо провести краткий сравнительный анализ наиболее популярных программных продуктов. Сегодня проектирование изделий ведётся двумя основными способами — работа с их плоскими изображениями в двумерном пространстве и 3D-моделирование изделий с последующим выполнением при необходимости плоских изображений в автоматическом режиме. Первый способ проектирования сложился исторически, причём такое проектирование может вестись как с применением компьютера, так и без него. Основным его недостатком является трудоёмкость автоматизации подготовки конструкторской документации, расчётов проектируемых изделий. Процесс поиска оптимального решения требует внесения изменений на разных стадиях проектирования, что, как правило, требует переработку плоских изображений проектируемых изделий. Причём даже простейшая модернизация существующего изделия требует переработки всей конструкторской документации, что является трудоёмкой рутинной задачей, сопровождающейся неизбежными ошибками. Такую работу достаточно сложно автоматизировать.

При проектировании с использованием 3D-моделей разрабатываются непосредственно виртуальные образцы изделия, производятся необходимые с ними расчёты и в автоматическом режиме создаётся не содержащая типовых ошибок необходимая конструкторская документация. При модернизации изделия требуется только изменить требуемые параметры модели, а изменение конструкторской документации, может

происходить в автоматическом режиме. В этом преимущество 3D-моделирования, хотя в некоторых случаях, связанных с разработкой принципиально новых изделий, оно оказывается менее быстрым и более трудоёмким типом проектирования.

Среди систем автоматизированного проектирования (САПР) наибольшую популярность сегодня приобрели так называемые системы среднего класса в частности: SolidWorks, Autodesk Inventor и Компас 3D.[33] Трёхмерные модели строят на основе эскизов, которые определяют размеры, формы контуров и траекторий. Построение эскиза начинается с выбора плоскости, на которой строятся объекты геометрии. Плоскость, выбранная первой для рисования, определяет ориентацию детали. Контур может быть замкнутым или разомкнутым. При разомкнутом строится тонкостенный элемент. В эскизе может быть один или несколько контуров, которые для создания твердотельной модели должны быть замкнуты.

В системе SolidWorks один эскиз можно использовать для нескольких операций. Можно выбирать контуры эскиза и кромки моделей и применять к ним формообразующие операции. Это позволяет использовать неполный эскиз для создания элементов. При построении примитивов, автоматически отображаются используемые взаимосвязи. Команда «Автоматическое нанесение размеров» однозначно воспринимает конфигурацию любого примитива и позволяет проставлять размеры: отрезка, радиуса, угла, диаметра не выходя из команды. Правильность построения эскиза и его примитивов отображается черным цветом. Для создания модели гайки нажимной используется операция «Повернутая бобышка», поэтому в эскизе должна находиться ось вращения, нарисованная примитивом Линия. Стиль осевой линии вращения в системе SolidWorks не имеет значения. Пример выполнения эскиза в системе SolidWorks приведен на рис. 14.

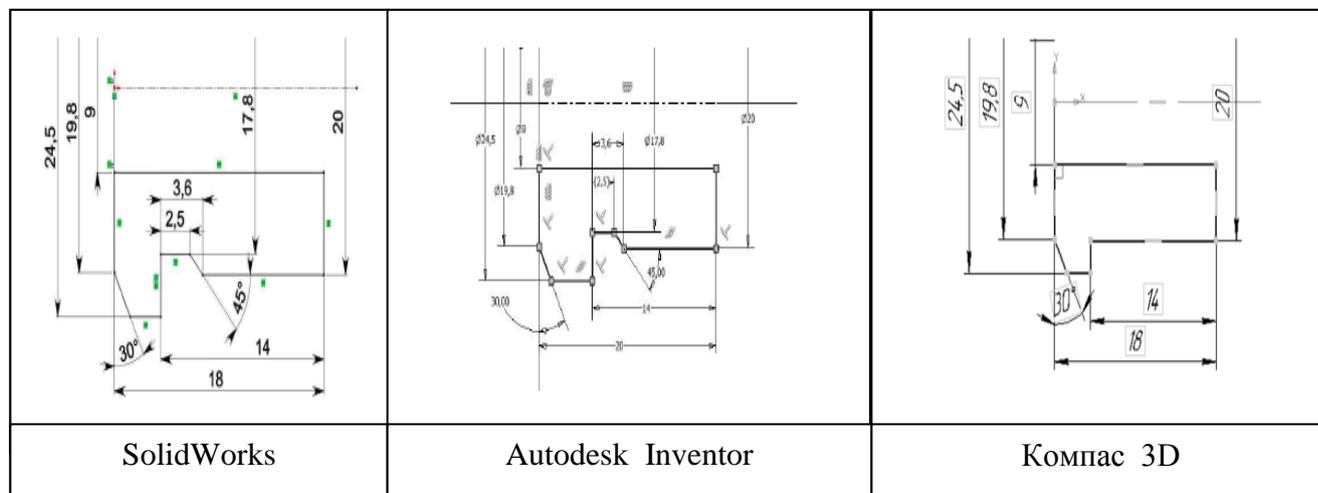


Рисунок 14. Пример выполнения эскиза в системе SolidWorks, Autodesk Inventor и Компас 3D[33]

Основные требования к эскизу в системе Autodesk Inventor - его линии не должны иметь самопересечений или накладываться друг на друга. Зависимости применяются автоматически, при построении примитивов, но так же их можно добавить или удалить позднее. Для этого служит клавиша F8 или кнопка в Строке состояния «Показать все зависимости». Для создания всех типов размеров используется одна команда «Размеры». Правильность построения эскиза отображается в правом углу строки состоянием выражением «Полностью определено». Для создания модели гайки используется операция «Вращение». Ось вращения может быть нарисована командой Отрезок. Стиль линии не имеет значения. Пример выполнения эскиза в системе Autodesk Inventor приведен на рис.14.

В системе Компас 3D при выполнении эскиза необходимо, чтобы контур отображался стилем линии Основная. Линии эскиза не должны пересекаться или накладываться. При этом невозможно отслеживать правильность построения примитивов т.к. на рабочем поле автоматически не отображаются взаимосвязи примитивов. Правильность построения примитивов эскиза можно отслеживать только командой «отобразить степени свободы», что требует дополнительных затрат времени и внимания. Для каждого примитива, своя команда размера (для окружности, угла, радиуса, диаметра и т.д.). Для использования команды «Операция вращения», в эскизе должна находиться одна ось, изображенная в виде отрезка любой длины со стилем линии Осевая. Пример выполнения эскиза в системе Компас 3D приведен на рис.14.

Система Компас 3D - это отечественная разработка, которая изначально создавалась под российские стандарты. Компас 3D располагает целым рядом библиотек. Поэтому при создании эскиза гайки нажимной мы ограничились только основным контуром. Проточку можно сделать после выполнения команды «Операция вращения» используя Менеджер библиотек. В системах SolidWorks и Autodesk Inventor проточка вырисовывается вручную при создании эскиза. В программах SolidWorks, Autodesk Inventor и Компас 3D резьба - лишь условное изображение на теле модели. Условное изображение резьбы, добавленное к 3D модели, автоматически переносится на все виды чертежа детали. На рис.15 представлены модели, сделанные в SolidWorks, Autodesk Inventor и Компас 3D.



Рисунок 15. Модели детали, сделанные в SolidWorks, Autodesk Inventor и Компас 3D[33] [11]

чертеж и тратить время на изменение размеров, которые «слетели» и находятся в воздухе. Пример чертежа, созданного в системе Компас 3D, представлен на рис. 16.

Однозначно сказать, какая из систем лучше - достаточно трудно, однако, не стоит так категорично относиться к программам, а лучше комбинировать и применять по ситуации ту или иную программу. Например, для простых деталей и сборок, где много стандартизированных узлов, и необходимо сделать большой объем чертежей, то здесь подойдет Компас 3D, если же необходимо работать над созданием деталей со сложной геометрией и качество трехмерного изображения, на первом плане, то лучше и быстрее ее будет изготовить с помощью SolidWorks или Autodesk Inventor. Поэтому для предприятия АО «Конструктор» целесообразно в дополнение к существующим программным продуктам, внедрить еще более совершенный. При этом, на сегодняшний день, наибольшую популярность все же приобрел программный продукт «SolidWorks», таким образом, целесообразно все же именно этот программный продукт рассматривать для внедрения на конструкторском предприятии. Для того, чтобы оценить возможности программы, перейдем к следующему параграфу исследования.

2.5 Выбор PLM-системы

Программа SolidWorks—это наиболее популярный инструмент для инженерного проектирования и 3D моделирования. Именно в этом пакете создается большинство технических деталей не только для 3D печати, но и для других технических целей. Итак, SolidWorks представляет собой мощный инструмент для 3D моделирования и автоматизированного проектирования сложных изделий различного назначения. По сути, это полноценный набор для конструирования изделий в цифровом виде, который содержит в себе множество дополнительных инструментов, позволяющих производить над моделью виртуальные технические испытания.

Рассматривать особенности программы SolidWorks стоит с перечисления особенностей приложения, которыми оно и привлекает миллионы пользователей со всего мира. SolidWorks считается неотъемлемой частью промышленных предприятий, задачей которых является разработка и производство изделий различного назначения. Сюда входят инженерные конструкции любой сложности, разнообразные детали и компоненты полноценных систем, и даже электрические схемы. Также нередко встречается применение программы в промышленном дизайне.[11]

На сегодняшний день программа доступна для работы лишь на операционных системах Windows. Она популярна не только благодаря широкому функционалу, но и за счет простоты в освоении и доступного интерфейса. К слову, интерфейс приложения полностью настраивается под нужды пользователя. Есть возможность изменить даже размеры значков, а начиная с версии SolidWorks 2016 интерфейс полностью переработан под мониторы со сверхвысоким расширением. Разработчики программного продукта SolidWorks также позаботились о создании дополнительных модулей, значительно увеличивающих возможности программы. Итак, вот что предлагает SolidWorks: твердотельное 3D моделирование; разработку сварных конструкций; расчеты на прочность; просчет гидро/аэродинамики; возможность создания чертежей; проектирование с учетом материала изделия; визуализацию; просчет на изгиб; работу с данными 3D сканирования (функция ScanTo3D); возможность проектирования изделий из листового металла; работу с электросхемами; возможность анимации готового изделия; экспорт данных в различные форматы. В программе очень удобно выполнять проектирование полноценных изделий, начиная с базовых этапов и заканчивая сборкой.

Рассмотрим возможности моделирования программы SolidWorks. На 3D моделировании в SolidWorks следует особо заострить внимание, ведь именно оно является основой проектирования любого изделия. Всего в программе доступно моделирование трех типов: твердотельное моделирование, поверхностное моделирование, каркасное моделирование, рис.17. [11]

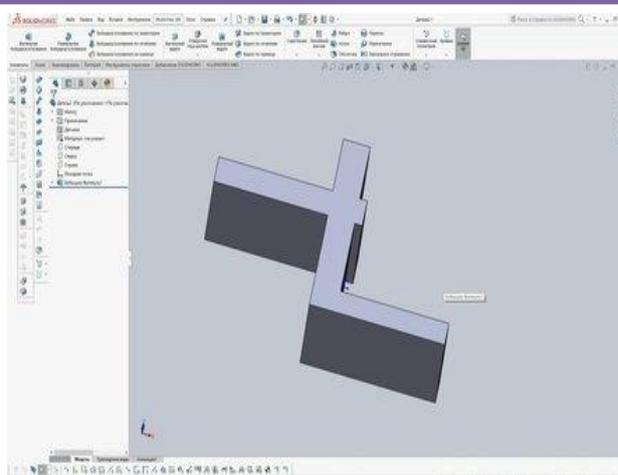
3D моделирование в программе происходит на основе эскизов: на базовой плоскости строится простейшая форма, к которой применяются различные операции. Основными из них являются вращение, выдавливание, вырез, в том числе по сечению и по траектории. Также есть возможность скругления, зеркального отражения объекта, создания тонкостенных элементов, резьбы и многое другое. Все функции вынесены на панель инструментов сверху, что позволяет с удобством управлять 3D моделью.

Кроме плоских эскизов, которые получают объем путем применения специальных инструментов, в SolidWorks есть возможность создания трехмерных эскизов. Работа с ними отдаленно напоминает 3D моделирование в других редакторах трехмерной графики и предоставляет более свободный подход к разработке моделей. Отдельно стоит отметить, что в SolidWorks используется древовидная структура отображения процесса работы над моделью. Таким образом, любое действие заносится в иерархию и может быть перемещено или изменено без лишних сложностей.

Виды моделирования в программе SolidWorks

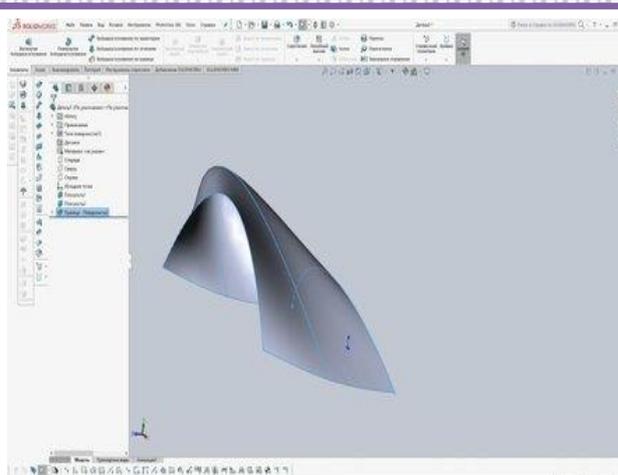
Твердотельное моделирование.

Разработка изделий, обладающих свойствами реальных физических объектов. Является идеальным вариантом для визуального представления проектируемых изделий, а также для 3D печати;



Поверхностное моделирование

В SolidWorks реализовано через работу с кривыми и сплайнами. Позволяет поучить изделия с гладкой поверхностью и плавными изгибами. Часто применяется в промышленном дизайне;



Каркасное моделирование

Так называемое «скелетное» представление 3D модели, дает представление о форме проектируемого объекта.

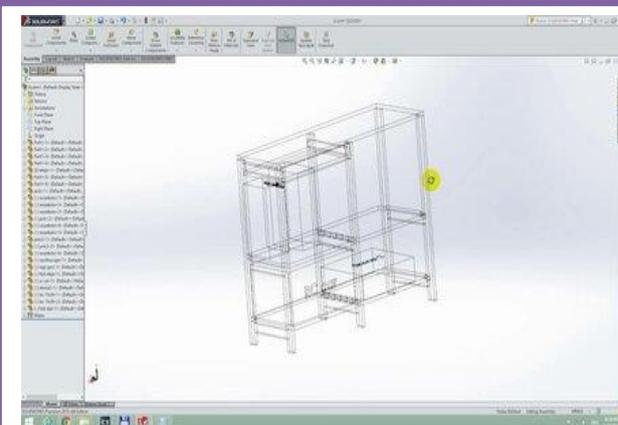


Рисунок 17. Виды моделирования в программе SolidWorks[10]

Следует также перечислить полезные функции SolidWorks:

1) Toolbox. Это целая библиотека стандартных компонентов и изделий, которая содержит в себе множество деталей различного назначения с самыми разнообразными параметрами. Очень часто среди них можно найти необходимый объект, либо же использовать стандартный компонент как болванку для дальнейшего модифицирования, рис.18.

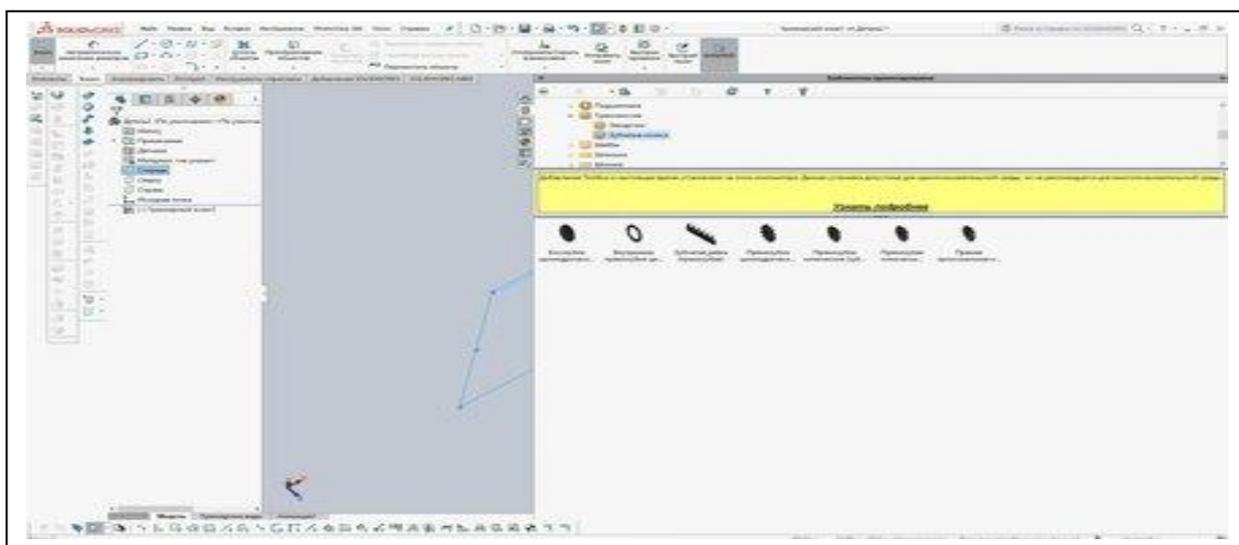


Рисунок 18. Toolbox в программном продукте SolidWorks[33]

2) Привязки. Одной из интересных особенностей программы SolidWorks является необходимость создания привязок в модели. То есть все элементы проектируемого изделия должны быть связаны между собой. Это делается для того, чтобы при внесении изменений в модель не произошло искажение всего объекта, рис.19.

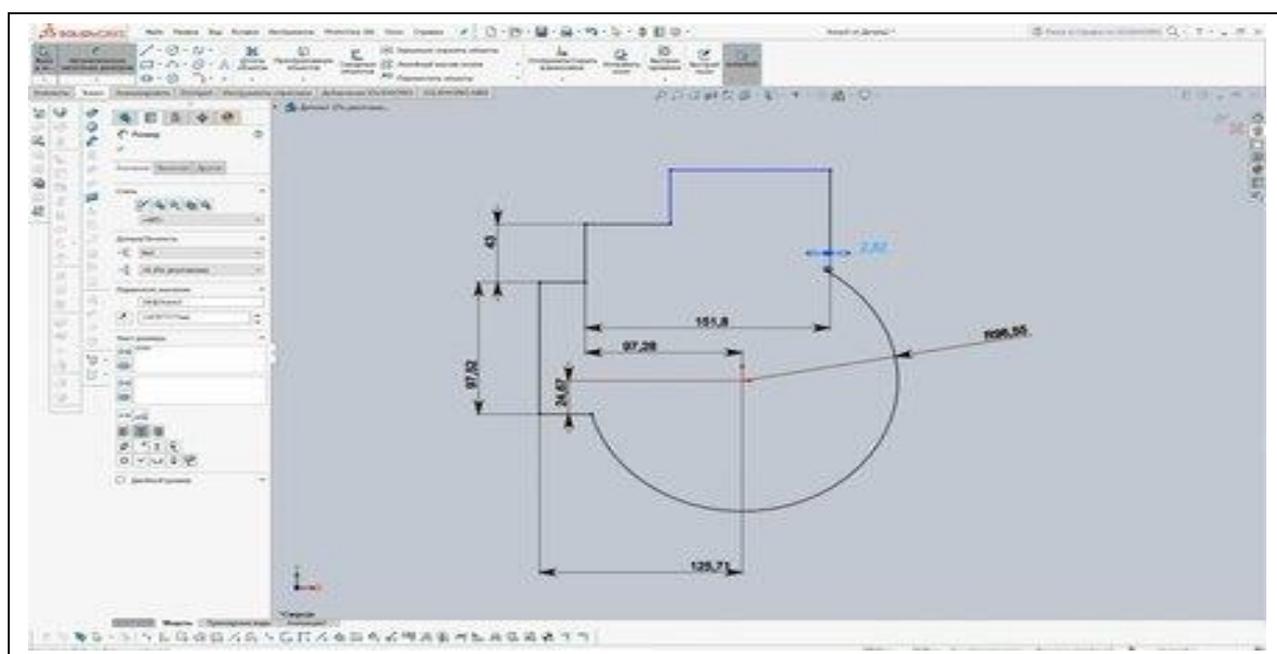


Рисунок 19. Привязки в программном продукте SolidWorks[33]

3) Работа с уравнениями. Это своеобразное ответвление предыдущей опции: в SolidWorks есть возможность связать всю модель при помощи уравнений, которые выносятся в отдельный текстовый документ. Таким образом, меняя один элемент в объекте, синхронно изменится вся модель, рис.20.

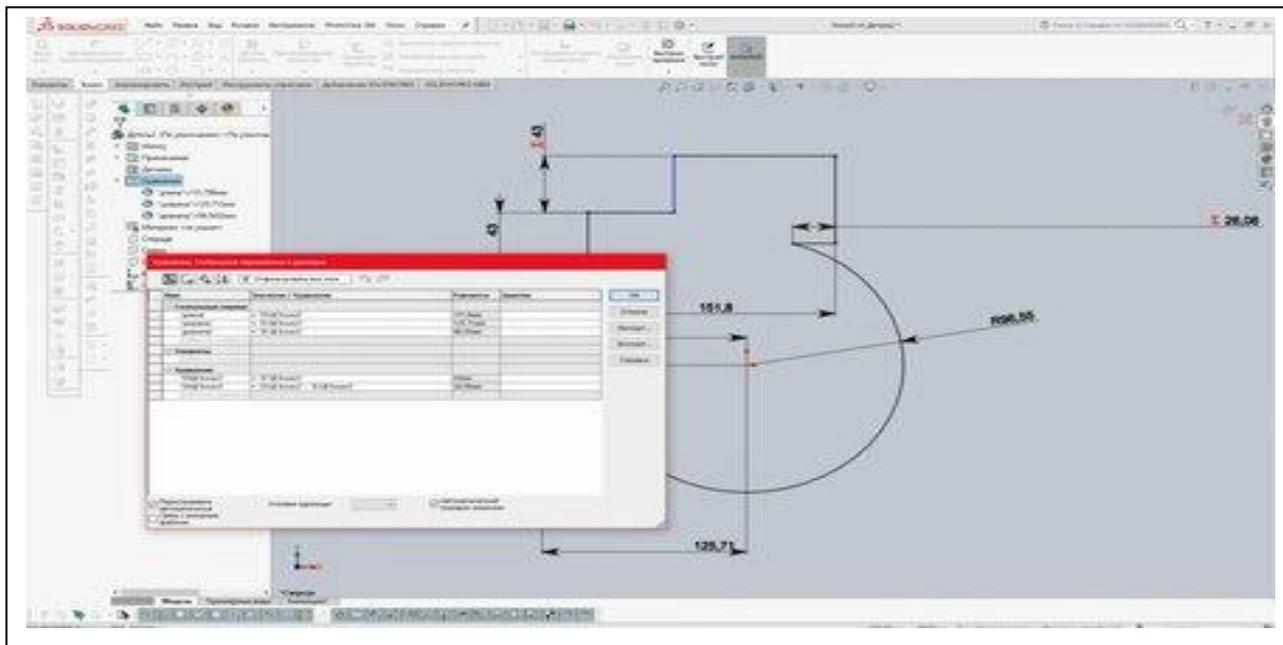


Рисунок 20. Работа с уравнениями в программном продукте SolidWorks[33]

Автоматическое построение чертежей с модели. Очень удобная особенность, незаменимая при проектировании технических изделий. Получение чертежей с готовой модели происходит всего в несколько кликов мышью, рис.21. [33]

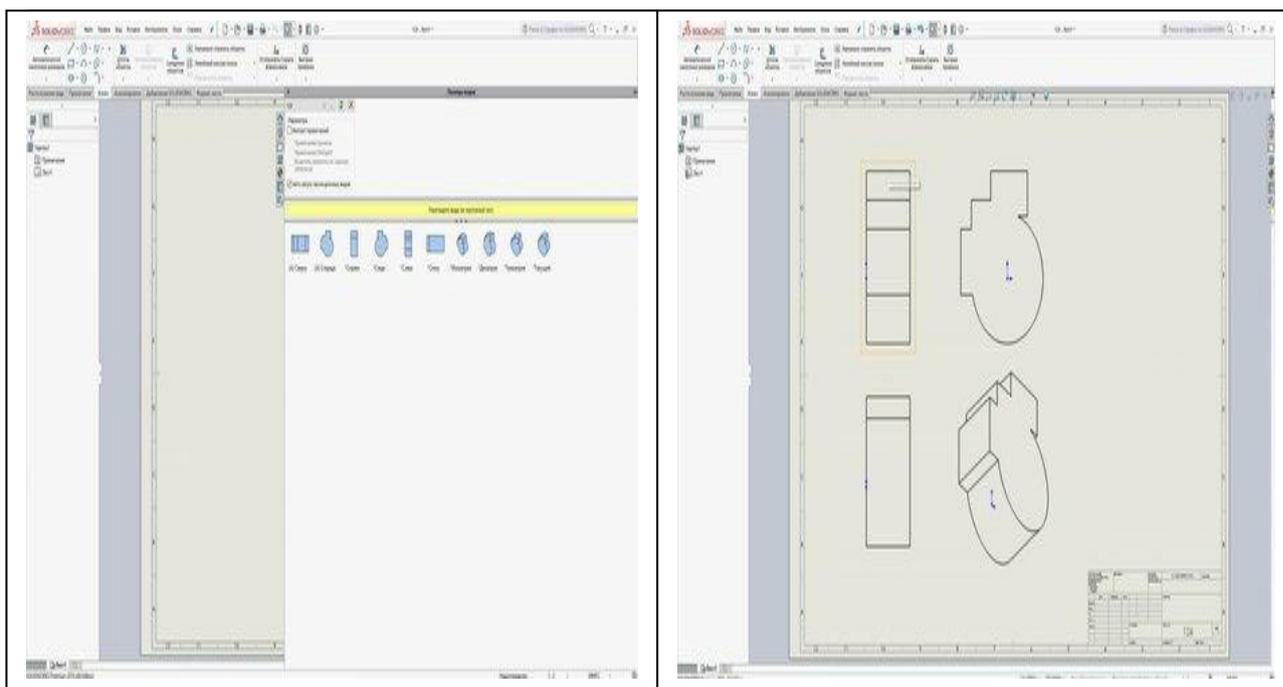


Рисунок 21. Автоматическое построение чертежей с модели в программе SolidWorks

Отдельно хочется описать еще одну особенность программы при поверхностном 3D моделировании. Даже выбрав такой путь создания изделия, есть возможность получения твердотельной модели, пригодной для воспроизведения на 3D принтере. Для этого в приложении предусмотрена функция сшивания поверхностей. Однако следует учесть, что следование такому алгоритму не гарантирует получения твердотельного изделия, потому при необходимости получения именно модели под 3D печать лучше изначально выбирать твердотельное 3D моделирование.

Подводя итоги, можно сказать, что программа SolidWorks заслуженно считается одной из самых популярных систем автоматизированного проектирования, полностью удовлетворяющей потребности разнообразных промышленных организаций и частных лиц. Это мощный инструмент для комплексного проектирования изделий и компонентов любой сложности, в том числе и для промышленного дизайна. В среде 3D печати SolidWorks остается наиболее распространенным приложением для создания технических компонентов и твердотельного моделирования в целом. Таким образом, внедрение данного программного продукта на предприятии принесет ощутимую пользу и откроет новые возможности в проектировании. Для того, чтобы подробнее оценить потенциальные возможности АО «Конструктор», к освоению выбранного решения, перейдем к следующему параграфу исследования.

2.6 Анализ потенциальных возможностей АО «Конструктор» к освоению выбранного решения

PLM-решение на основе программного продукта SolidWorks позволит компании АО «Конструктор» открыть новые возможности. В частности, с помощью данного решения, предприятие сможет на более высоком уровне осуществлять: конструкторское проектирование, технологическую подготовку производства, создавать архив утвержденной документации, рис.22. Конструкторское проектирование включает в себя: разработку изделий (проектирование механической части изделия, выпуск КД, проектирование РЭА), инженерные расчеты. С помощью данного продукта можно осуществлять следующие виды инженерных расчетов: расчет аэродинамических характеристик, прочностной, кинематический, динамический, геометрические расчеты и др.. Проектирование РЭА представляет собой: схематехническое проектирование, разработка блоков РЭА, разработку коммутационной части – жгуты и кабели и т.д.

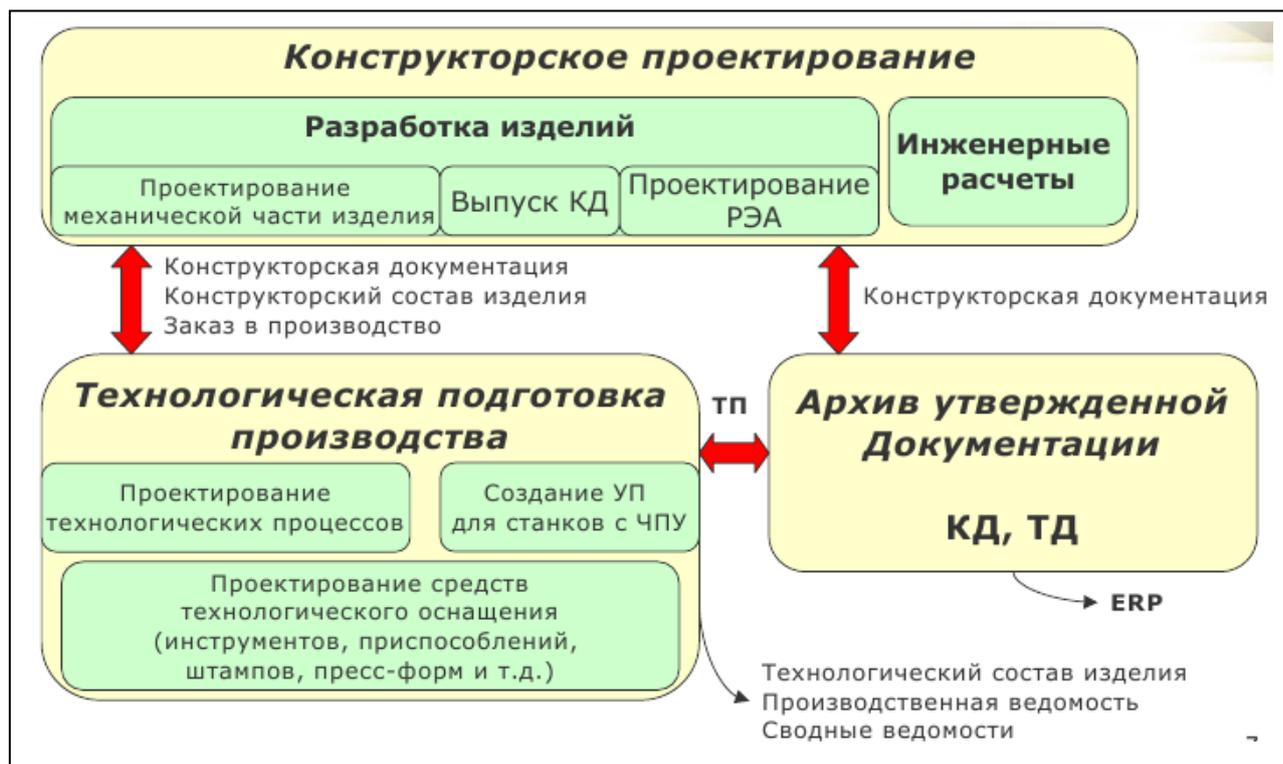


Рисунок 22. Потенциальные возможности предприятия АО «Конструктор» после внедрения программного продукта SolidWorks

Для разработки КД программа SolidWorks позволяет настраивать чертежный редактор на стандарт ГОСТ, осуществлять допуски, шероховатости, технические требования по ЕСКД; проводить настройку основных надписей по СтП, а также имеются возможности библиотеки условных обозначений. Библиотеки стандартных деталей включают в себя: крепеж, подшипники, прокатный сортамент, уплотнения и т.п.(болты, винты, гайки, шпильки, шайбы, шпильки, оси, автокрепежи и др.); стандарты ГОСТ, ISO, ANSI, BSI, DIN, JIS, CISC; проектировочные расчеты балок и подшипников. [10]

Создание интерактивной документации в программе SolidWorks представляет собой: средство просмотра и согласования документов; видеоролики; фотореалистичные изображения, создание Web-страниц. [33]

Технологическая подготовка производства включает в себя: проектирование технологических процессов(маршрутно-операционной технологии); создание УП для станков с ЧПУ(разработка программ для СЧПУ); проектирование средств технологического оснащения (инструментов, приспособлений, штампов, пресс-форм и т.д.). С помощью программы SolidWorks возможно проектирование и изготовление нестандартного оборудования и средств технологической оснастки.

Архив утвержденной документации –представляет собой организацию хранения документов, аутентификацию документов на бумажных носителях и документов в электронном виде; формирования текстовой конструкторской документации; ведение

структуры изделия; организация передачи данных в систему управления ресурсами MRP/ERP. Программный продукт поддерживает российские стандарты: настройка чертежного редактора на стандарт ГОСТ; допуски, шероховатости, технические требования по ЕСКД; настройка основных надписей по СтП и др. [33]

Итак, возможности программного продукта SolidWorks достаточно обширные и функционал превосходит аналогичные программы, в частности, программный продукт Компас 3D не является конкурентом, однако и эту программу не стоит игнорировать. Для совершенствования системы проектирования в организации, целесообразно дополнить систему программой SolidWorks.

Стоимость программы SolidWorks, ее установки не является высокой для такой компании как АО «Конструктор», в частности, SOLIDWORKS STANDARD (базовый функционал) стоит 374 тыс.руб. SOLIDWORKS PREMIUM(в дополнение к возможностям PROFESSIONAL и STANDARD) стоит 467 тыс.руб. SOLIDWORKS PROFESSIONAL (в дополнение к возможностям STANDARD) стоит 620 тыс.руб. [33]

Установкой программного обеспечения занимается множество инженерно-консалтинговых компаний, которые выполняют комплексные проекты по автоматизации процессов конструкторской и технологической подготовки производства машиностроительных предприятий и конструкторских бюро. Основными направлениями деятельности инженерно-консалтинговых компаний по установке SOLIDWORKS являются:

- 1)Аудит конструкторских служб и рекомендации по повышению эффективности работы;
- 2)Поставка инженерного программного обеспечения: SOLIDWORKS и PDM/PLM решений;
- 3)Запуск в эксплуатацию и сопровождение информационных систем класса PDM/PLM;
- 4)Подготовка инженерных кадров и курсы повышения квалификации: обучение работе в САПР; SOLIDWORKS (3D моделирование и оформление чертежей); инженерный анализ в SOLIDWORKS;
- 5)Адаптация SOLIDWORKS и разработка методик (СТП) по требованиям предприятия;
- 6)Разработка программного обеспечения по требованиям Заказчика;
- 7)Техническая поддержка и сопровождение SOLIDWORKS и PDM/PLM решений;
- 8)Интеграция информационных систем (PDM/PLM) с системами управления предприятием (ERP).

Инженерно-консалтинговые компании по установке ПО представляют базовую техническую поддержку и индивидуальную техническую поддержку: 1)Базовая техническая

поддержка: помощь в настройке и установке; предоставление информации о функционале; консультации по работе ПО; доступ к ресурсам разработчиков и др.; 2) Индивидуальная техническая поддержка: разработка специализированного функционала; адаптация SOLIDWORKS по стандартам предприятия; разработка методик проектирования (СТП); оптимизация работы SOLIDWORKS и др.

Поэтому, для компании АО «Конструктор» не составит большого труда в установке программного обеспечения и его сопровождения. Кроме этого, инженерно-консалтинговые компании предоставляют обучение инженеров по работе с ПО. Основные учебные программы: проектирование в SolidWorks (базовый курс); проектирование в SolidWorks (расширенный курс); работа с большими сборками в SolidWorks; управление инженерными данными (SWR-PDM/WorkFlow); инженерные расчеты в среде SolidWorks; проектирование пресс-форм и штамповой оснастки (MoldWorks); проектирование штампов для листовой штамповки (Logopress); механообработка и электроэрозия в среде SolidWorks (CAMWorks); проектирование электрожгутов (SWR-Электрика) и др.

Следует отметить, что несмотря на широкое распространение SOLIDWORKS в качестве базовой системы проектирования на предприятиях, статистика такова, что более половины инженеров не используют весь функционал SOLIDWORKS, позволяющий создавать изделия быстрее и лучше. Инженер тратит драгоценное время на «борьбу» с системой, вместо выполнения прямых функций – создания продукта. Итог — неэффективная работа всего отдела и огромная потеря времени и прибыли компании. Хуже всего, когда уровень знаний SOLIDWORKS в рамках одного отдела разный. Каждый проектирует в силу своих умений. Совместить потом такие разработки в единый проект - труднейшая задача. Поэтому сейчас множеством инженерно-консалтинговых компаний, предлагается обширная профессиональная подготовка инженерных кадров. Обращаясь к услугам сторонних организаций по установке ПО и обучению работников, предприятие АО «Конструктор» получит ощутимые выгоды, при этом компания имеет все возможности для этого, так как затраты на установку ПО и обучение кадров, нельзя назвать существенными. Предприятие ежегодно получает прибыли в разы превышающие затраты на данные мероприятия. Для того, чтобы рассмотреть экономические показатели АО «Конструктор» перейдем к следующему параграфу исследования.

2.7. Оценка результатов деятельности АО «Конструктор»

Оценим результаты деятельности предприятия АО «Конструктор» на основании данных бухгалтерского баланса и финансовой отчетности за 2016-2018гг. Основными показателями эффективности являются данные капитала и его структуры, показателей деловой активности, прибыли, рентабельности, финансовой устойчивости. Рассчитаем финансовые показатели по формулам, представленными в Приложении 5, расчеты представим в виде таблиц (Приложение 5). По имеющимся данным целесообразно рассмотреть динамику структуры активов и пассивов компании. За анализируемый период наблюдается рост общей суммы капитала организации на 36,18% и в 2018 г. капитал компании составил 6530 тыс. руб., рис.23. [8]

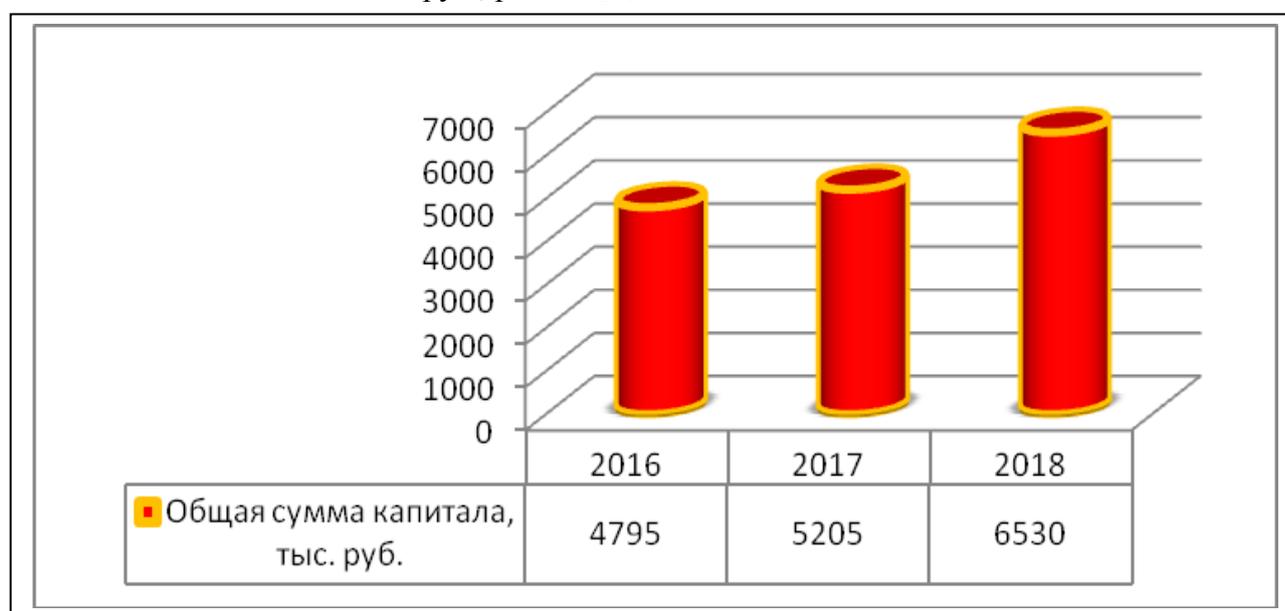


Рисунок 23. Динамика капитала предприятия АО «Конструктор» с 2016-2018гг.

Общая сумма активов компании АО «Конструктор» увеличилась в основном за счет роста стоимости основных средств и запасов на 870 тыс. руб. и 610 тыс. руб. и по данным на конец анализируемого периода в стоимостном выражении эти показатели сформировались на уровне 3100 тыс. руб. и 1890 тыс. руб. соответственно, рис.24.

Наибольший удельный вес в структуре активов приходится на внеоборотные активы и по данным на 2018 г. доля составила 64,93%, хотя за анализируемый период доля этих видов активов показала снижение в пределах 2,66%. Напротив, рост произошел по доли оборотных активов на ту же величину и в 2018г. показатель составил 35,07%, рис.25.

По структуре пассивов, важно чтобы доля собственного капитала превышала долю заемного, так как это свидетельствует в первую очередь, о финансовой независимости компании.

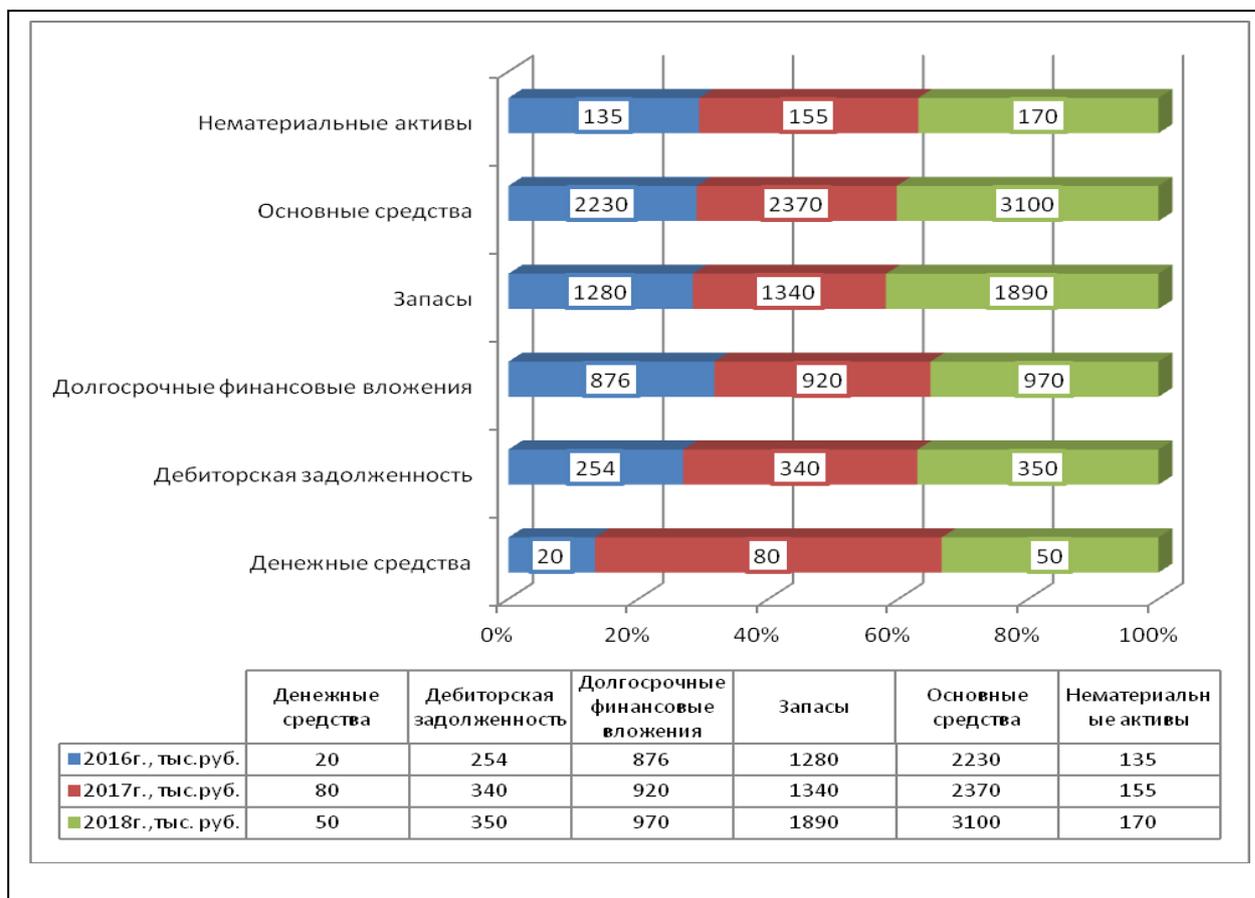


Рисунок 24. Динамика активов предприятия АО «Конструктор» с 2016-2018гг. [8]

Однако, на предприятии АО «Конструктор» на протяжении 2016-2018гг. наблюдается иная ситуация и на долю заемных средств приходится большая часть капитала, при этом на протяжении анализируемого периода краткосрочные обязательства в структуре пассивов увеличились на 8,47% и составили 47,47%, рис.25.

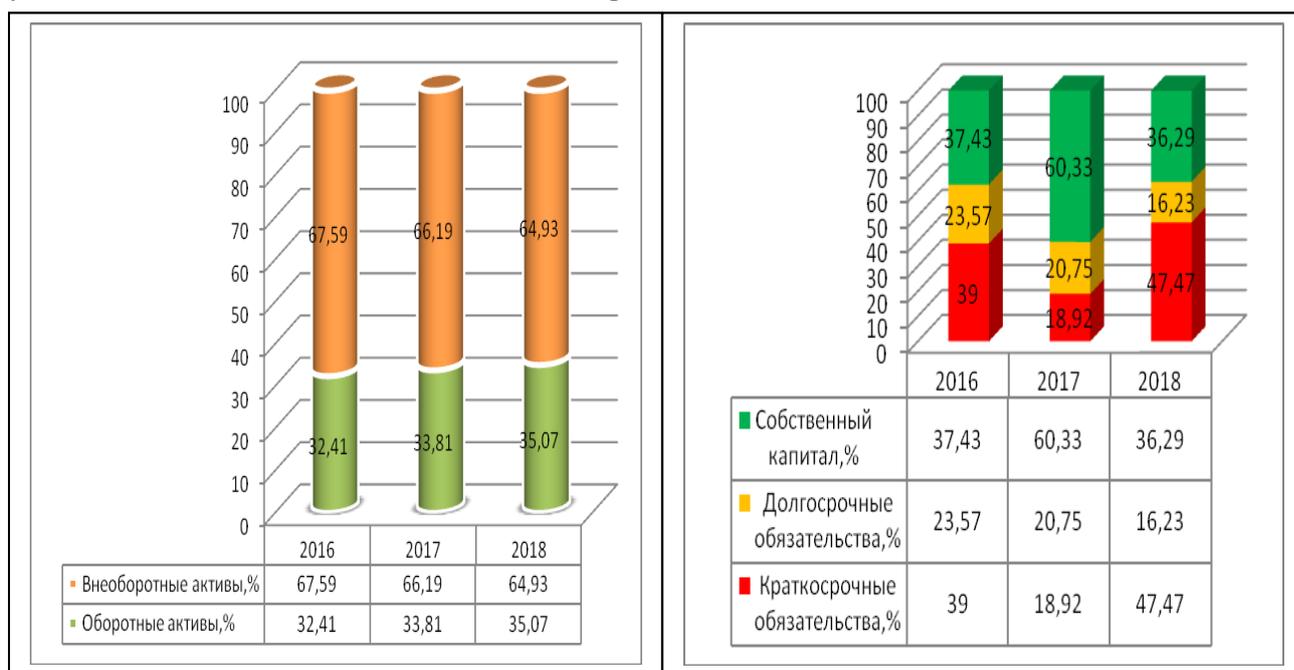


Рисунок 25. Динамика структуры активов и пассивов предприятия АО «Конструктор» в

2018г. [8]

Несмотря на то, что доля долгосрочных обязательств снизилась и составила 16,23%, тем не менее это все не повлияло на рост доли собственных средств, которые в 2018г. сформировались на уровне 36,29%. Таким образом, компания АО «Конструктор» является финансово зависимой, при этом, к концу 2018г. финансовая зависимость возрасла. Не лучшим образом выглядят и показатели оборачиваемости ключевых статей активов и пассивов (Приложение 5). В частности, наблюдается замедление оборачиваемости по всем показателям: продолжительность отдачи основных средств увеличилась на 146,40 дн., продолжительность отдачи активов составила 821,88 дн., а это на 297,72дн. больше показателя начала анализируемого периода, продолжительность отдачи запасов и затрат и продолжительность отдачи собственного капитала возросли на 97,96 дн. и 102,07дн. соответственно. Не исключением являются и другие показатели, которые также показали замедление: продолжительность отдачи кредиторской задолженности, инвестированного и заемного капитала, рис.26.

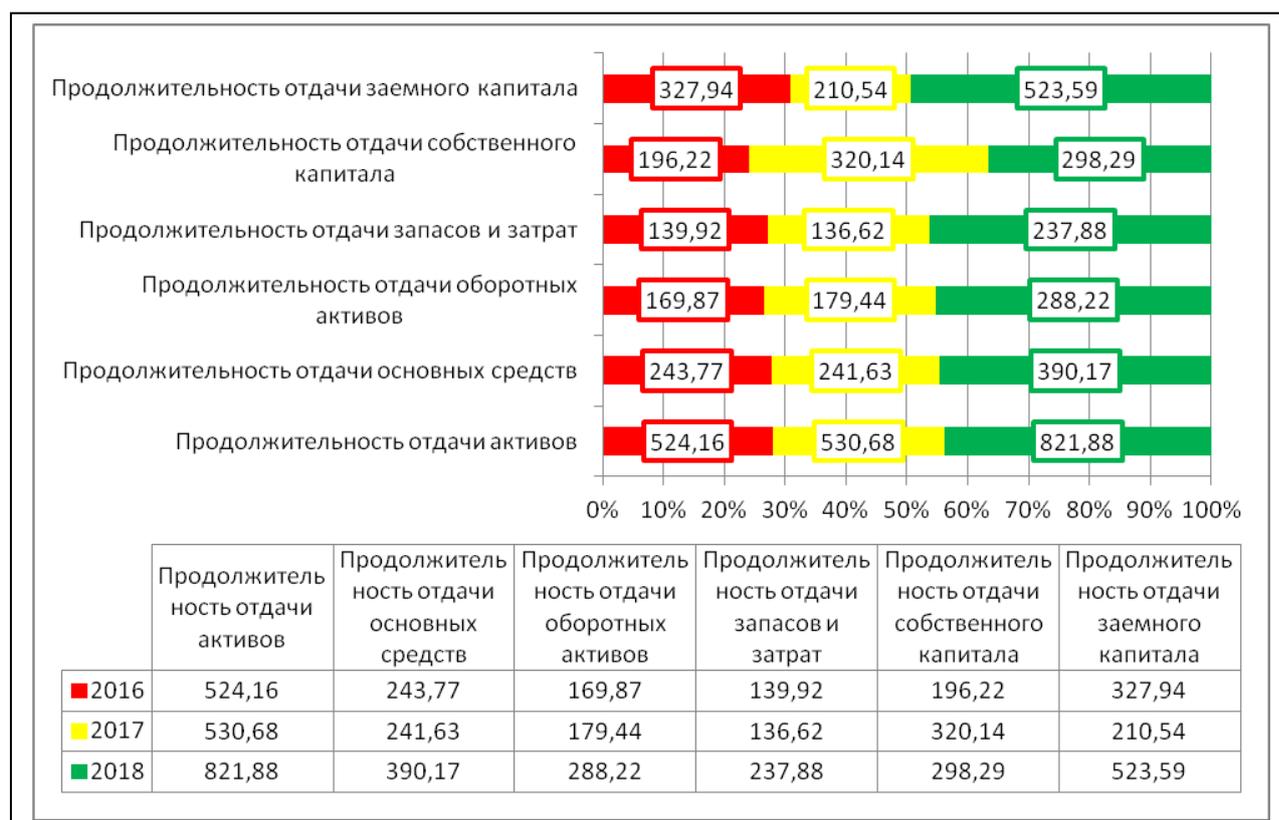


Рисунок 26. Динамика показателей оборачиваемости ключевых статей активов и пассивов предприятия АО «Конструктор» в 2016-2018г.г. [8]

Ухудшение и замедление оборачиваемости активов и пассивов баланса произошло за счет снижения показателей объемов продаж, которые в 2018г. составили 2900 тыс. руб., а это на 13,14% ниже показателя 2016г. Несмотря на то, что коммерческие расходы и себестоимость продаж снизились, это не повлияло на рост валовой прибыли, которая

составила в 2018г. 1160 тыс. руб., что ниже уровня 2016г. на 12,53%(рис.27). В связи со снижением объемов продаж наблюдается и снижение показателей прибыли от продаж и чистой прибыли компании, которые в 2018г. составили 930 тыс. руб. и 744 тыс. руб. соответственно, рис.27. Следует отметить, что показатели прибыльности хоть и не значительно снизились, однако, это имеет место быть, так как это снижает и показатели рентабельности.

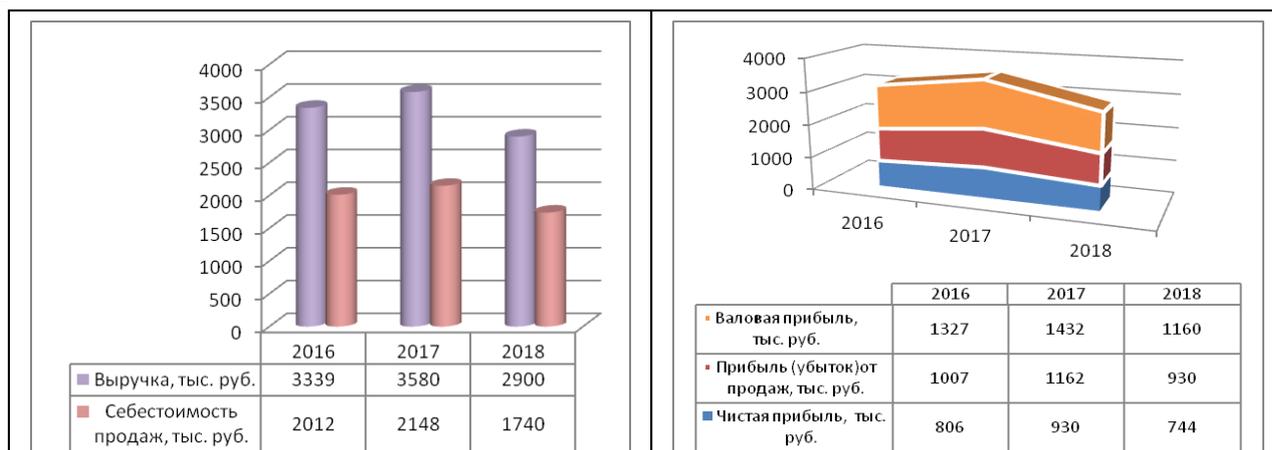


Рисунок 27. Динамика показателей прибыли предприятия АО «конструктор» с 2016-2018гг. [8]

По имеющимся данным(Приложение 5) показатели рентабельности собственного капитала и рентабельности оборотных активов снизились на 13,51% и 19,38% соответственно. Однако, нельзя сказать о снижении рентабельности продаж, которая показала рост в пределах 2% и составила в 2018г. 32,07%, рис.28.

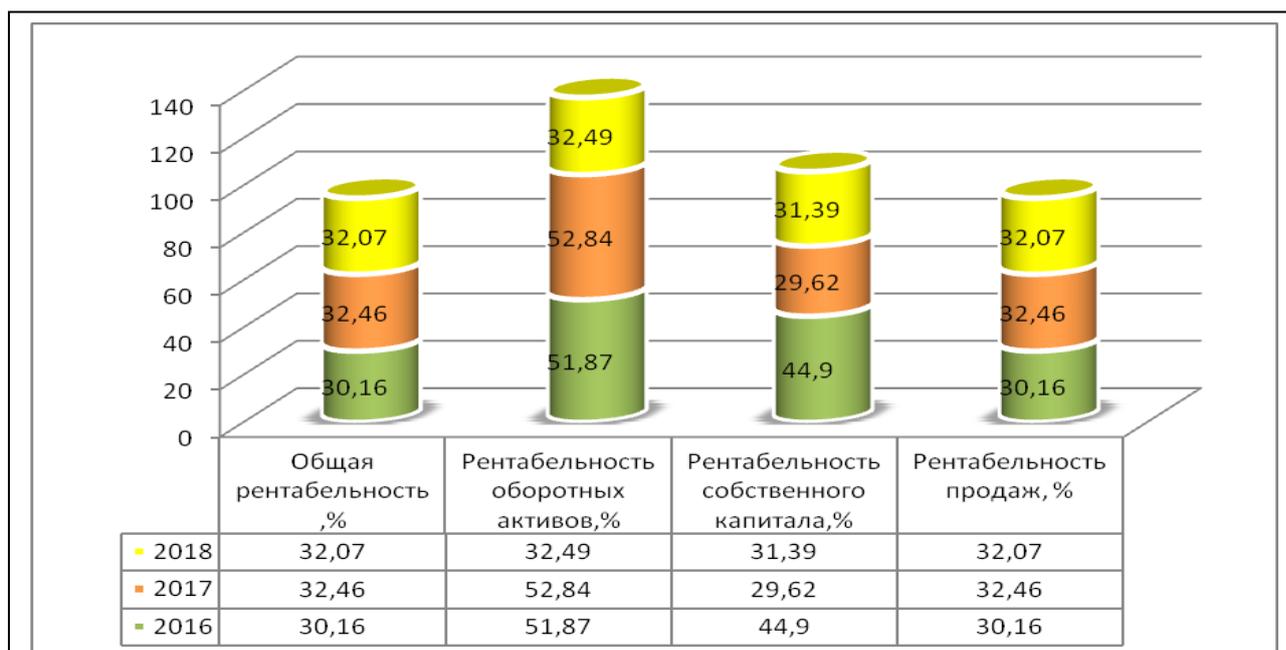


Рисунок 28. Динамика показателей рентабельности предприятия АО «Конструктор» с 2016-2018гг. [8]

Не менее важным показателем в оценке эффективности деятельности компании, является «Золотое правило экономики», которое гласит о том, что темп увеличения прибыли должен опережать темп изменения (роста) выручки. Это ведёт к рентабельности продаж. Выручка должна опережать рост активов. И темпы всегда должны быть более 100%. Однако, на предприятии АО «Конструктор» золотое правило экономики не выполняется по данным на 2018г., хотя в 2017г. это правило все же было выполнено (Приложение 5).

Итак, подведя итоги выше изложенному анализу, сделаем вывод, что на протяжении анализируемого периода в компании АО «Конструктор» наблюдается рост общей стоимости капитала, однако, доля заемных источников финансирования превышает долю собственных, это говорит о финансовой зависимости компании. По данным на 2018г. объемы продаж показатели снижение, снизилась вслед за этим и валовая прибыль, не исключением являются и показатели прибыли от продаж и чистой прибыли компании. Деловая активность организации оставляет желать лучшего, наблюдается замедление показателей деловой активности, рентабельность активов и капитала предприятия снизилась более чем на 10%, хотя рентабельность продаж показала положительную динамику, ее рост составил в пределах 2%. Несмотря на это, в 2018г. «золотое правило экономики» все же не было выполнено, все это свидетельствует об ухудшении показателей деятельности предприятия АО «Конструктор». Таким образом, является необходимым совершенствование деятельности компании в системе управления конфигурацией, с целью повышения качества оказываемых услуг и роста показателей прибыльности и доходности.

Резюмируя вышеизложенное второй главы исследования можно сделать вывод, что компания АО «Конструктор» осуществляет разработку и изготовление конструкторской документации на заказ по широкому спектру изделий в сфере общего машиностроения. Объектами проектирования предприятия АО «Конструктор» являются: конструкторская документация на оборудование; реверс-инжиниринг изделий; разработка чертежей деталей по образцу; проектирование штампов и пресс-форм; технологическая оснастка, нестандартные конструкции и механизмы; нестандартный инструмент; сложные детали и узлы машин, и многое другое. Основными направлениями АО «Конструктор» являются: разработка КД, проектирование изделий из металла, пластика, дерева, в том числе проектирование штампов и оснастки; 3d-сканирование, в том числе восстановление изношенных деталей, сканирование объектов искусства; реверс-инжиниринг, изготовление чертежей по детали в наличии; векторизация чертежей; расчеты нагрузки, в том числе прочностные и тепловые расчеты. Стандарт компании АО «Конструктор»- это гибкость в работе с заказчиком при подготовке и выполнении конструкторской документации.

Компания оперативно откликается на все нужды и замечания заказчика, проводит работу в минимальные сроки и предоставляет гарантию на свою работу. Специалисты компании АО «Конструктор» имеют большой опыт работы в следующих программных продуктах: 1) Конструкторские программы: Компас 3D, AutoCad, hinkDesign; 2) Расчетные программы: ANSYS; 3) Программы обработки 3d-моделей: 3ds Max (3D Studio MAX); Geomagic; 4) Графические редакторы: Adobe Photoshop; Adobe InDesign; CorelDRAW. Основной программой для проектирования и разработки конструкторской документации является - «Компас 3D». Однако, представленный анализ показал, что данная программа имеет ряд недостатков, часть функций вообще нельзя осуществить с помощью данного продукта. Для выбора наиболее оптимального PLM- решения, был проведен краткий сравнительный анализ программных продуктов, в результате была выбрана программа SolidWorks, которая представляет собой мощный инструмент для 3D моделирования и автоматизированного проектирования сложных изделий различного назначения. По сути, это полноценный набор для конструирования изделий в цифровом виде, который содержит в себе множество дополнительных инструментов, позволяющих производить над моделью виртуальные технические испытания. Компания АО «Конструктор» имеет все возможности для реализации данного проекта, стоимость проекта не является существенной для предприятия, поэтому финансирование может осуществляться за счет собственных источников. После внедрения PLM- решения, компания сможет увеличить свои возможности и повысить качество оказываемых услуг. Оценка экономических показателей с 2016-2018гг. свидетельствует о том, что компания является финансово-зависимой, однако имеет прибыли, хотя существует острая необходимость в повышении рентабельности и финансовой устойчивости организации. В связи с этим, совершенствование системы управления конфигурацией на предприятии является необходимостью. Для того, чтобы более подробно рассмотреть данный проект, перейдем к следующей главе исследования.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ В АО «КОНСТРУКТОР»

3.1 Создание единого информационного пространства- как основа эффективности управления конфигурацией на конструкторском предприятии

Программные средства управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM) помогают компаниям улучшить многие показатели, начиная от эффективности труда и заканчивая итоговыми финансовыми результатами. Применение PLM повышает эффективность бизнеса во многих измерениях, включая увеличение доходов, снижение затрат на разработку изделий и уменьшение их себестоимости в целом. Но PLM – это только один из многих компонентов программной экосистемы предприятия. Наибольшую пользу PLM-система может предоставить лишь тогда, когда обеспечивается совместное использование данных и связь рабочих процессов с другим корпоративным ПО. Таким образом, в целом эффективность системы управления конфигурацией на конструкторском предприятии может быть достигнута за счет создания единого информационного пространства. Единое информационное пространство (ЕИП) представляет собой совокупность баз и банков данных, технологий их ведения и использования, информационно-телекоммуникационных систем и сетей, функционирующих на основе единых принципов и по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие. Создание единого информационного пространства организации - это весьма актуальная задача, решение которой позволяет не только упорядочить деятельность подразделений и сотрудников, но и повысить скорость принятия решений. Технически решить эту задачу можно разными способами. Одним из них может быть интеграция используемых в организации систем на основе корпоративного портала или единого аппаратно-программного решения. Единое информационное пространство складывается из следующих главных компонентов: информационные ресурсы, содержащие данные, сведения и знания, зафиксированные на соответствующих носителях информации; организационные структуры, обеспечивающие функционирование и развитие единого информационного пространства, в частности, сбор, обработку, хранение, распространение, поиск и передачу информации; средства информационного взаимодействия, обеспечивающие доступ к информационным ресурсам на основе соответствующих информационных технологий, включающие программно-технические средства. [18]

Характерным свойством ЕИП является его структурированность, т. е. выделены его элементы, установлены связи между ними, введены обозначения, элементы и связи

упорядочены. Свойство структурированности в разных видах информационных пространств может быть выражено в разной степени. Высокий уровень обеспечивает возможность представления информации в виде документов и манипулирования данными с помощью программно-технических средств информационных систем. Различают пять степеней структурированности информационного пространства: неструктурированное информационное пространство; слабо структурированное; структурированное; формализовано-структурированное; машинно-структурированное. В роли информационных ресурсов ЕИП могут выступать не только данные, но и различные прикладные программы. Тогда в каждой из информационных систем ЕИП часть методов обработки данных реализуется в виде приложений, доступных из других информационных систем (ИС).

Для того, чтобы принять правильное решение в совершенствовании системы управления конфигурацией на конструкторском предприятии АО «Конструктор» является необходимым рассмотреть опыт успешных компаний по интеграции PLM-платформы с множеством других ИТ- систем.

Компания Tech-Clarity[18] проводила опрос свыше 150-ти компаний с целью выяснить их стратегию PLM-интеграции, соответствующие процессы и технические возможности, чтобы понять, как надлежащая интеграция может увеличить ценность PLM. Результаты опроса показали, что большинство производителей оценивает интеграцию PLM-системы с другим ПО как «стратегическую» или «важную» задачу. Многие также считают, что по мере прогресса инициатив интернета вещей (IoT), PLM-интеграция будет становиться еще более стратегически значимой (и, одновременно, порождающей вызовы) областью. Для того чтобы понять, каким образом компании могут извлечь большую ценность для бизнеса из PLM-интеграции, Компания Tech-Clarity выделила самые эффективные, или передовые, компании. Под этим термином понимаются такие производители, которые получают наибольшую пользу от внедрения своих PLM-систем, значительно превосходящую средние показатели. Компания Tech-Clarity проанализировала, чем отличается PLM-интеграция в передовых компаниях, чтобы иметь возможность предложить рекомендации более слабым. [18]

Анализ показывает, что передовые компании получают преимущества от PLM в результате того, что: они значительно чаще рассматривают PLM- интеграцию как стратегическую задачу; интеграция в передовых компаниях охватывает большее количество инструментов проектирования и корпоративных приложений; они интегрируют PLM-платформу с более продвинутыми инструментами и приложениями; они имеют больше возможностей для осуществления, использования и поддержки PLM- интеграции наиболее

гибким и экономически эффективным способом; передовикам приходится решать меньше таких оперативных вопросов, как: необходимость поиска информации в разных системах; повторный ввод данных; межсистемная несогласованность данных. Передовые компании имеют больше возможностей для осуществления, использования и поддержки PLM-интеграции наиболее гибким и экономически эффективным способом. В результате исследования было обнаружено, что, несмотря на разнообразие подходов и технологий, применяемых передовыми компаниями для PLM-интеграции, все они предпочитают более продвинутые, удобные для сопровождения решения – такие, как использование концентратора (центральной интегрирующей среды предприятия) с универсальным интерфейсом. [18]

Рассмотрим ценность PLM-интеграции для бизнеса. Интеграция PLM-платформы с другими программными системами увеличивает ценность PLM в целом. В проведенном исследовании «PLM Beyond Managing CAD», компанией Jim Brown, показано, что передовые компании (которые характеризуются как компании, которые превосходят своих коллег по показателям роста доходов, прибыльности, инновативности и снижения затрат) значительно чаще интегрируют PLM как с инженерными, так и с корпоративными системами. Это позволяет PLM быть центром (хабом) процессов и данных, связанных с проектированием.

Респонденты подтвердили ценность связи PLM как с инженерными инструментами (такими, как CAD-системы), так и с другими корпоративными системами, включая ERP. Например, один поставщик из сферы автомобилестроения отметил: «Интеграция – в рамках нашей платформы PLM и вне её – помогла нам добиться эффективности и сделать информацию более согласованной на уровне предприятия». Аэрокосмическая компания поясняет, что «PLM-интеграция сделала нас очень продуктивными и обеспечила бесперебойный поток данных между организациями».

Респонденты отметили всевозможные преимущества PLM-интеграции, включая возросшую прозрачность информации, но главным из них в подавляющем большинстве ответов названа эффективность. Это очень важное преимущество. Исследование «Reducing Non-Value Added Work in Engineering» выявило следующее: «Треть своего времени инженеры тратят на работу, не добавляющую стоимость. Но, что еще хуже, 20% их времени уходит на работу с неактуальной информацией, что часто приводит к напрасной трате сил и переделкам». Преимущества интеграции выходят далеко за пределы технического отдела. Эффективная PLM-интеграция предлагает нечто большее, чем просто эффективность. Она помогает компаниям получить больше выгод, чем те, ради которых они внедряли PLM.

Как написал один респондент, компания которого занимается промышленной автоматизацией, PLM-интеграция дает им еще один инструмент для того, чтобы принимать правильные бизнес-решения.[18]

Невзирая на стратегическую ценность интеграции, многие компании медлят, откладывая её на последние этапы (рис. 29).



Рисунок 29. Этапы PLM-интеграции по категориям систем[18]

Менее четверти респондентов интегрировали PLM с другими корпоративными системами на этапе начального внедрения. С другой стороны, почти половина компаний-респондентов в этот период интегрировала PLM-платформу с инструментами проектирования. Причиной, вероятно, является то, что интеграция с корпоративными системами требует большей детализации бизнес-процессов и больших изменений в управлении компанией, чем это необходимо для интеграции инструментов проектирования, когда зачастую надо просто управлять данными о конструкции. Кроме того, инжиниринг вовлекает в процессы меньшее количество других департаментов. Что вызывает задержку? Для некоторых причиной могут служить ограниченные возможности. Другие опасаются сложности процесса и связанных с этим затрат. А некоторым просто надо больше времени, чтобы понять, насколько в действительности важна PLM-интеграция. Чем дольше компании используют PLM, тем больше осознают бизнес-ценность PLM-интеграции. Опрос показывает, что половина компаний, использующих PLM уже 5–10 лет, и две трети компаний с более чем 10-летним опытом, рассматривают интеграцию как стратегическую задачу. При этом средний показатель составляет 40%.

Дальнейший анализ полученных в ходе опроса данных указывает на любопытные изменения, произошедшие за последние пять-десять лет. Если компания использует PLM

уже давно, то меньше вероятность, что она интегрировала корпоративные решения на 1-м этапе (внедрение). В частности, это сделали лишь -11% компаний с PLM-опытом 5 лет и больше, и лишь 7% компаний с опытом более 10-ти лет! Это значительно отличается от средних 18%. В ранний период PLM-инициатив компании больше фокусировались на интеграции с инструментами проектирования – почти две трети компаний сделали это на 1-м этапе. Отмеченные изменения могут означать, что фокус внимания смещается с инициатив, сосредоточенных на проектировании или управлении данными, на то, чтобы PLM-платформа становилась важной интегрированной составляющей ИТ- экосистемы предприятия. Конечно, причина (по крайней мере, частично) заключается и в том, что традиционная интеграция была проще (как минимум, с технической точки зрения).

При рассмотрении вопроса интеграции любого решения необходимо думать шире рамок первоначальной реализации. Очень важно смотреть дальше первой стадии, чтобы понять, что же потребуется для эксплуатации и поддержки через некоторое время. На последующих этапах усилия по интеграции (в частности, если изначально архитектура была продумана недостаточно) могут стоить гораздо дороже, чем на начальном этапе. Особенно это относится к интеграции с инструментами проектирования, арсенал которых обычно расширяется и обновляется гораздо чаще, чем в случае корпоративных систем. По сути, необходимо рассмотреть весь «жизненный цикл PLM-интеграции». Для этого, целесообразно выделить три этапа и проанализировать лучшие практики для них: 1) Внедрение – проектирование и создание интеграционных средств; 2) Эксплуатация – использование интегрированных систем на постоянной основе; 3) Поддержка и обновление средств интеграции с течением времени. Для того, чтобы рассмотреть основные проблемы на различных этапах жизненного цикла PLM-интеграции, перейдем к следующему параграфу исследования.

3.2. Проблемы на различных этапах жизненного цикла PLM-интеграции

Рассмотрим подробнее проблемы на различных этапах жизненного цикла PLM-интеграции. 1) Проблемы на этапе внедрения интеграционных решений. Возможной причиной того, почему многие компании, развернувшие PLM-систему, так долго не начинают связывать её с другими системами, является боязнь трудностей интеграции. Компании могут беспокоиться по поводу организационных вопросов, проблем с отладкой процессов, а

также технических сложностей. Чаще всего респонденты сообщали об опасениях, связанных с недостаточной квалификацией в сфере интеграции (рис. 30).

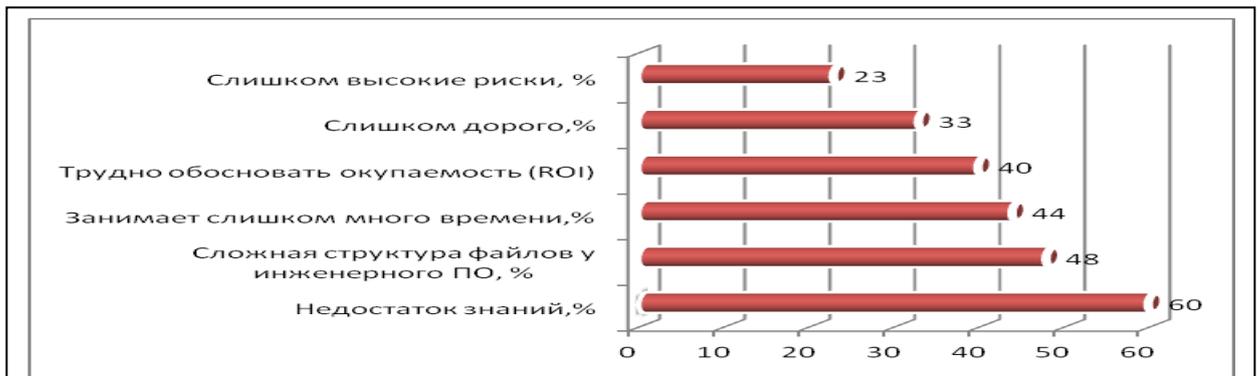


Рисунок 30. Проблемы на этапе осуществления интеграции[18]

Так, 60% процентов компаний сообщают, что столкнулись с нехваткой достоверных знаний, которые могут помочь PLM-интеграции. Почти половина респондентов опасается сложности задач, особенно в отношении инструментов проектирования с их, зачастую навороченными, структурами данных. Многие рассказали об опасениях, относящихся к проекту внедрения средств интеграции, включая длительные сроки и высокую стоимость усилий по интеграции. Более глубокий анализ показывает, что те компании, которые используют PLM долго (пять и более лет), чаще сообщают о том, что их проблема – стоимость проведения интеграции. Причиной может служить то, что им надо интегрировать более старые PLM-системы с менее открытой архитектурой. В качестве другой причины можно назвать их опыт. Возможно, они уже пострадали от фальстартов или ошибок в прошлом, столкнулись со сложностью и лучше представляют возможные затраты. К сожалению, компании часто считают, что усилия по осуществлению PLM-интеграции занимают слишком много времени и стоят слишком дорого.

2) Проблемы на этапе эксплуатации интегрированных систем. Первоначальные работы по PLM-интеграции являются только первым шагом на долгом пути. В идеале, интегрированные процессы должны быть бесшовными и незаметно выполняться за кулисами без всяких проблем. Но на самом деле операционный этап порождает вызовы, которые влияют и на пользователей, и на технические ресурсы (рис.31). Даже если интеграция систем осуществлена, сотрудники компании сталкиваются с проблемами получения нужных данных – как для себя, так и для других. Пользователи, особенно в случае плохо проведенных или незаконченных работ по интеграции, продолжают страдать от неэффективности. Более половины опрошенных компаний сообщают, что пользователи вынуждены искать данные в нескольких системах.

Этот вопрос является важным, так как поиск данных вносит большой вклад в продолжительность работ, не создающих прибавочную стоимость. В исследовании «Reducing Non-Value Added Work in Engineering» было отмечено, что самая большая составляющая таких работ связана с поиском информации. Сюда относится как поиск инженерами данных для выполнения своих задач, так и подготовка ими информации для других сотрудников, что необходимо для обновления статуса или проведения совещаний.

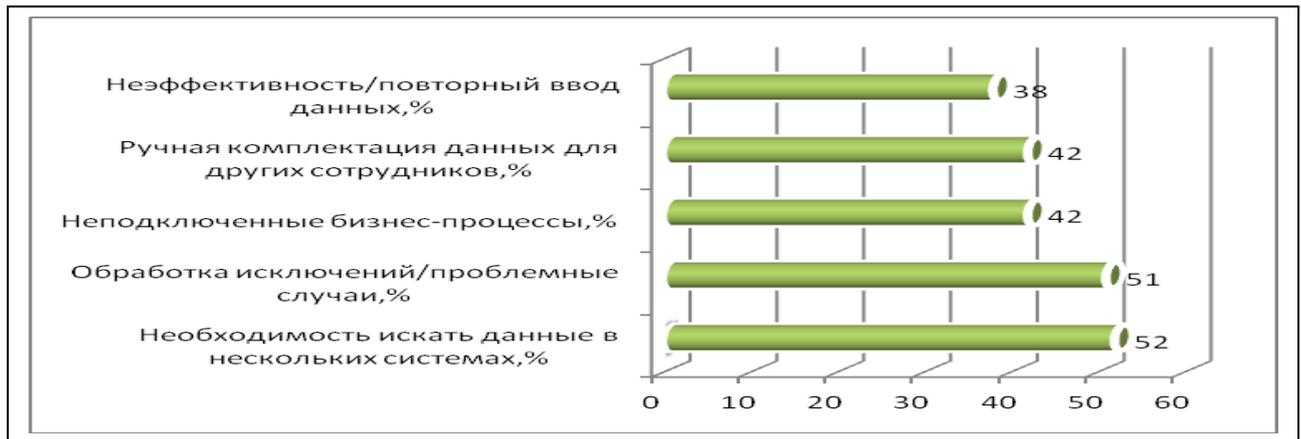


Рисунок 31. Проблемы на этапе эксплуатации[18]

Кроме того, эксплуатация интегрированных систем порождает технические вызовы, такие как выявление проблем с интеграцией и внесение коррекций. Об этом сообщает примерно половина компаний. Как подсказывает опыт, одним из ключевых свойств хорошо продуманной интеграции является способность систем совместно работать не только в хорошо обкатанных ситуациях. Теперь обратимся к ситуации с бизнес-процессами: 42% компаний сообщают о неохваченных бизнес-процессах. Поскольку одно из самых больших преимуществ PLM – способность соединять людей и связывать процессы в разных департаментах компании и по всей цепочке поставщиков, то следует считать, что неэффективная интеграция приводит к упущенным возможностям.

3) Проблемы поддержки интеграционных решений. Иногда самые большие усилия и инвестиции в интеграцию бывают связаны с поддержкой интеграционных решений в течение длительного времени. Поддерживаться должно любое программное обеспечение, но за интеграцией тянется самый длинный шлейф усилий и затрат, так как на нее может воздействовать множество факторов. Изменения в любой из интегрированных систем могут повлиять на модели данных и потребовать изменения программных интерфейсов. Изменения в бизнес-процессах тоже могут вызвать проблемы и потребовать модификации интеграционных решений, добавления новых данных или систем. Поскольку интеграция призвана наводить мосты между разрозненными процессами и системами, воздействие на нее может оказываться с разных сторон (рис. 32).

Те респонденты, которые дольше используют PLM, видят проблемы поддержки несколько под другим углом, точно так же, как это было и на этапе внедрения. Например, они чаще называют в качестве проблемы стоимость поддержки. Опять-таки, это может быть связано с возрастом их систем, поскольку более старые технологии опирались на интеграцию методом «точка к точке». Другая причина может быть связана с тем, что они просто имеют более глубокое представление о долговременных затратах, поскольку более опытные.

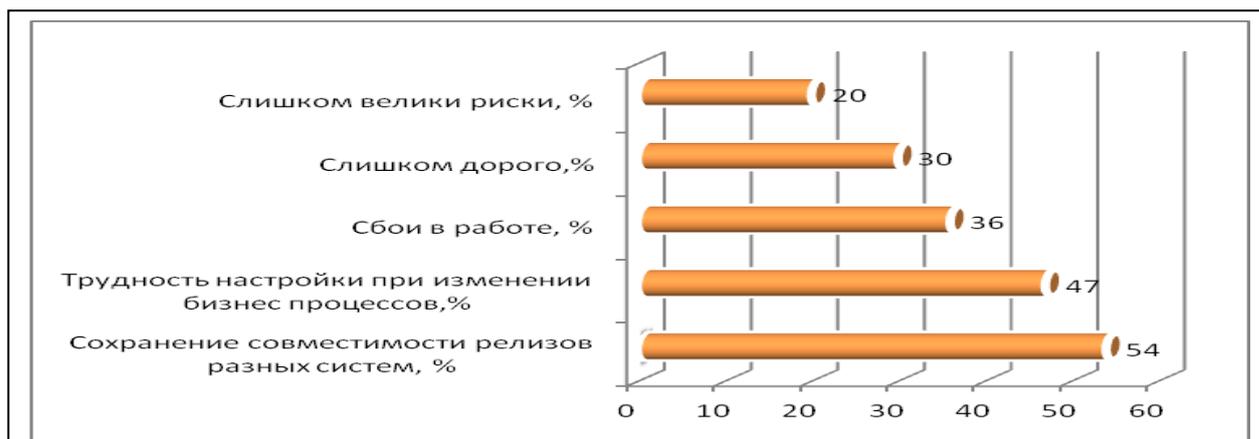


Рисунок 32. Проблемы поддержки интеграции[18]

Рассмотрим влияние недостатков PLM-интеграции на бизнес.

Проблемы, возникающие в течение жизненного цикла PLM-интеграции, оказывают существенное влияние на бизнес. В проведенном исследовании попросили респондентов выбрать из них ту, которая воздействует наиболее негативно, и большинство компаний отметило неэффективность (рис. 33). Горькая ирония заключается в том, что именно повышение эффективности является тем благом, которого большая часть компаний, внедряющих PLM, ждет в первую очередь!

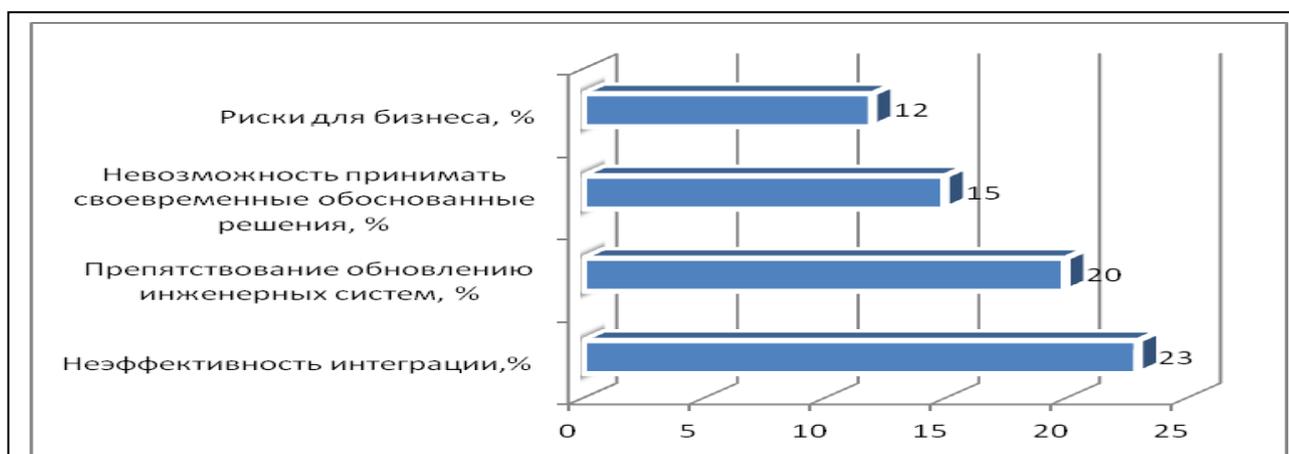


Рисунок 33. Самые значительные проблемы при эксплуатации интегрированных систем, влияющие на бизнес компании[18]

Однако неэффективность – не единственная проблема. Пятая часть компаний самой большой проблемой, вызванной интеграцией, назвала невозможность обновления инструментов проектирования, что могло бы помочь с инновациями и повысить производительность. Более того, некоторые компании (7%) в качестве главной проблемы отметили то, что они не могут обновить саму PLM-систему! Чтобы пролить свет на ситуацию, у респондентов спросили, какая часть их усилий по обновлению PLM затрачивается на интеграцию. Опрошенные компании сообщили, в среднем, что примерно половина усилий по апгрейду PLM приходится на валидацию и обновление интеграционных решений! Хотя сама цифра, представляется завышенной, она отражает тот факт, что проблема эта распространенная. Важно провести интеграцию правильно, чтобы получить максимальные преимущества от PLM и от интеграции PLM-системы с другими. Помимо этого, важно поддерживать PLM-систему и инженерные инструменты в актуальном состоянии, а для этого нужны адаптивные и эффективные методы интеграции.

Рассмотрим количественную оценку негативного влияния недостатков интеграции.

В результате опроса необходимо было выяснить, как часто компании дублируют данные, ищут информацию в разных системах и сталкиваются с несогласованностью данных. Результаты оказались обескураживающими. Большинство компаний (59%) повторно вводит данные каждый день (рис. 34).

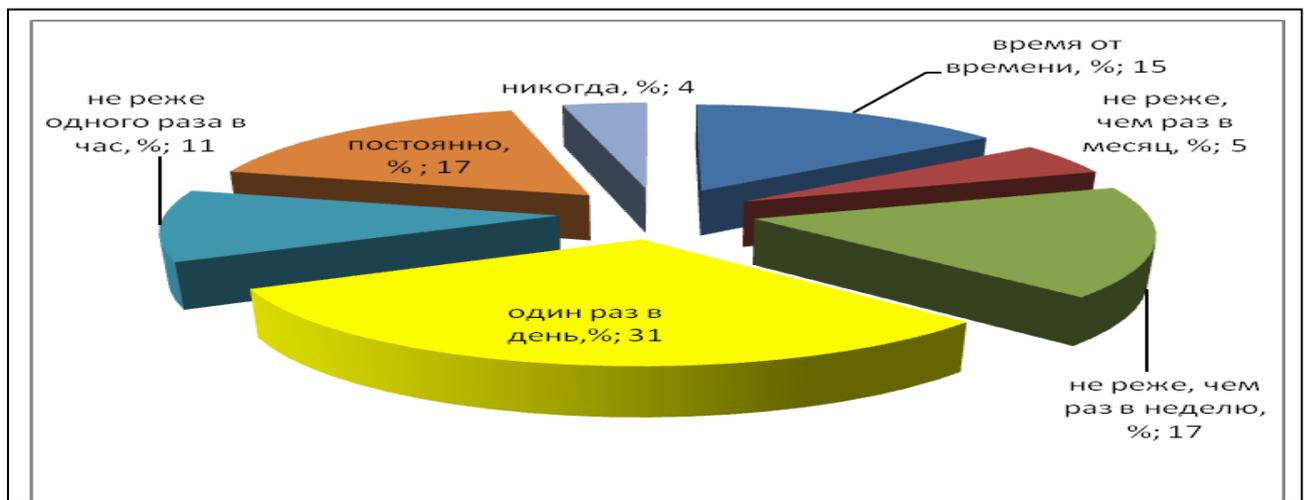


Рисунок 34. Неэффективность – повторный ввод данных[18]

При этом более четверти компаний (28% от общего числа) делает это несколько раз в день (17% – постоянно, 11% – по меньшей мере, раз в час). И только 4% опрошенных сказали, что они никогда не сталкиваются с необходимостью повторно вводить данные! Еще одна распространенная проблема интеграции, влияющая на объем работы, которую необходимо проделать пользователям, – необходимость обращаться к нескольким системам, чтобы получить нужные для работы данные (рис. 35). Почти три четверти

опрошенных компаний должны поступать так ежедневно, причем, четверть респондентов (24%) сообщила, что им приходится делать это постоянно. Ни одна из опрошенных компаний не сказала, что избавлена от необходимости обращаться к нескольким системам

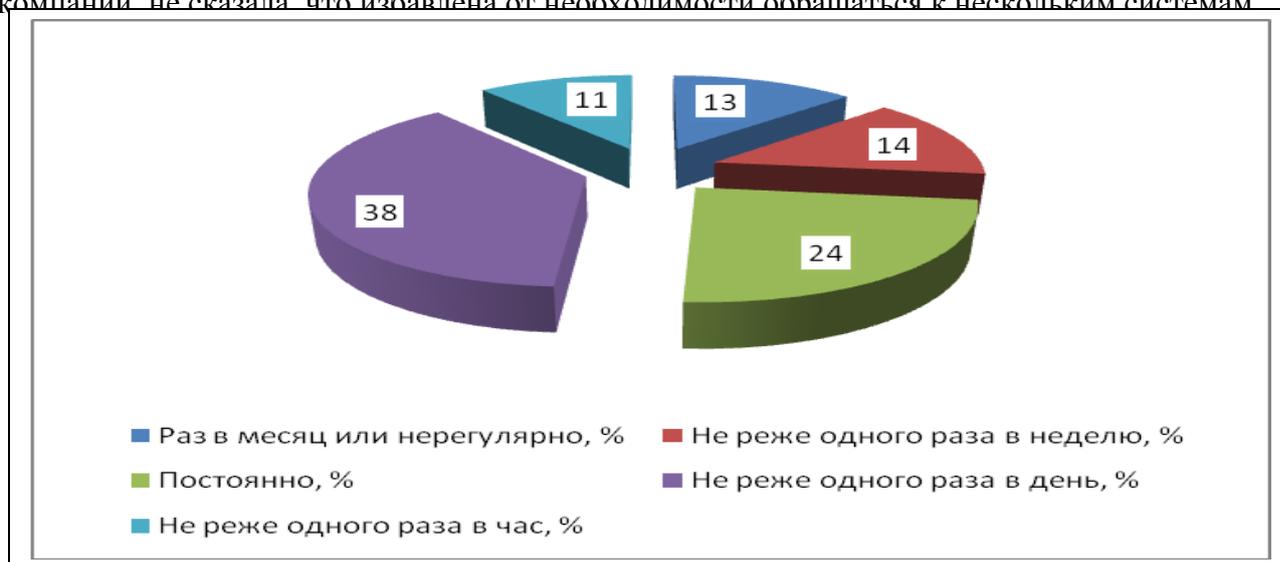


Рисунок 35. Необходимость использования нескольких систем для получения нужных данных[18]

Последняя из подробно исследованных проблем – конфликт данных в разных системах (рис. 36). Примерно две трети опрошенных компаний сталкиваются с несоответствием данных по меньшей мере еженедельно. И, так же как в случае с предыдущей проблемой, ни одна из компаний не сказала, что никогда не сталкивается с этими трудностями.

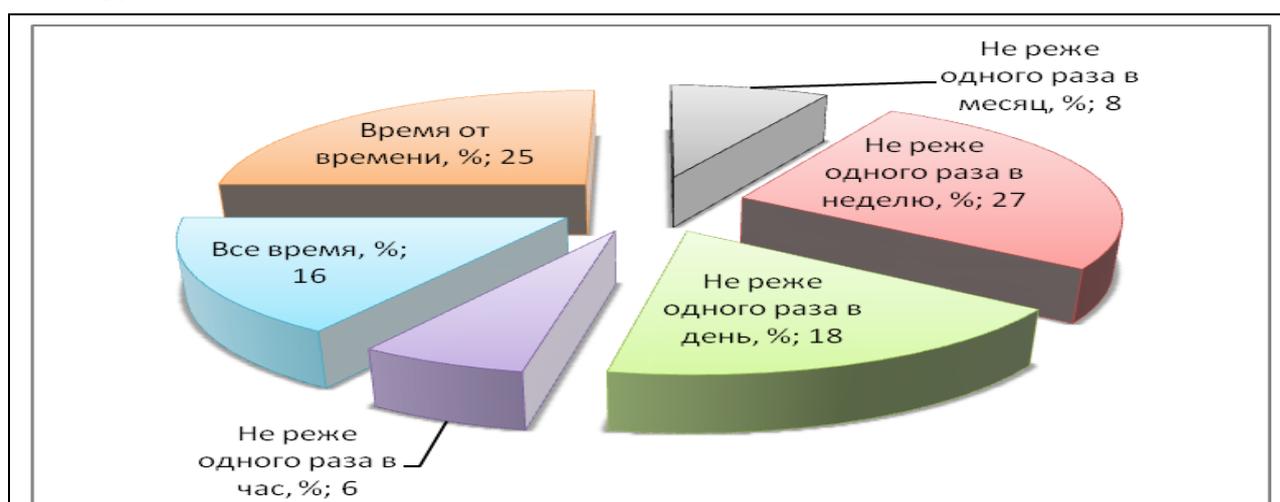


Рисунок 36. Как часто фиксируется несогласованность данных[18]

Совершенно очевидно, что здесь существует масса возможностей для улучшения результатов, которые компании получают от инвестиций в PLM- интеграцию. Надлежащим образом проведенная интеграция должна устранить неэффективность! Однако, существуют и риски при внедрении системы автоматизации на предприятии, к основным из них можно

отнести следующие: автоматизация не регламентированных бизнес-процессов; необходимость в частичной или полной реорганизации структуры предприятия; необходимость изменения технологии бизнеса в различных аспектах; сопротивление сотрудников предприятия; временное увеличение нагрузки на сотрудников во время внедрения системы; необходимость в формировании квалифицированной группы внедрения, выбор влиятельного руководителя группы. Более подробно система рисков, с которыми может столкнуться предприятие, представлено в Приложении 6. Отметим, что данные виды рисков вполне можно избежать при эффективном управлении процессами автоматизации на предприятии, а для того, чтобы построить эффективную систему интеграции PLM-системы, целесообразно рассмотреть опыт лидирующих компаний по решению проблем, возникающих в процессе интеграции PLM-системы с другими, для этого, перейдем к следующему параграфу исследования.

3.3. Пути решения проблем интеграции PLM-системы

Важно определить, какие процессы и технологии интеграции являются лучшими практиками и улучшают ведение бизнеса. Для этого, компанией Tech-Clarity был проведен опрос, в котором просили участников сравнить по эффективности свой бизнес с бизнесом конкурентов, опираясь на набор показателей, которые характеризуют преимущества, получаемые при использовании их PLM-системы. В их числе: эффективность и рациональность процесса; возможность и эффективность поиска информации; своевременность получения информации; точность информации; межсистемная согласованность информации; возможность принимать обоснованные бизнес-решения; тесная связь процессов и данных (от начала и до конца). Эти показатели отражают общие цели, преимущества и эффективность использования среды PLM. Затем были объединены результаты в агрегатном «показателе эффективности PLM», на основании которого разделили респондентов на две группы по эффективности. Лидирующие по этому показателю 26% компаний были квалифицированы как «Передовые». Они эксплуатируют PLM на более высоком уровне, чем остальные компании, которых определили в группу «Остальные». Затем эксперты сосредоточились на том, чтобы понять, что отличает передовиков от прочих, и почему они получают больше пользы от PLM.. Первое, что было обнаружено: передовики чаще смотрят на PLM-интеграцию как на стратегическую задачу (рис. 37).

Вероятность того, что передовые компании считают PLM-интеграцию стратегически важной, на 85% выше, чем у остальных. Остальные компании чаще оценивают её как

«важную» или даже просто «желательную». Но передовые компании отличаются не только своим видением важности интеграции. Ответы респондентов показывают, что передовики обладают преимуществом в эффективности проведенной PLM-интеграции. Они чаще других оценивают свою PLM-интеграцию как «очень хорошую» (табл. 6). Это показывает высокую корреляцию лучшей PLM-интеграции со способностью получать максимальную пользу от PLM.

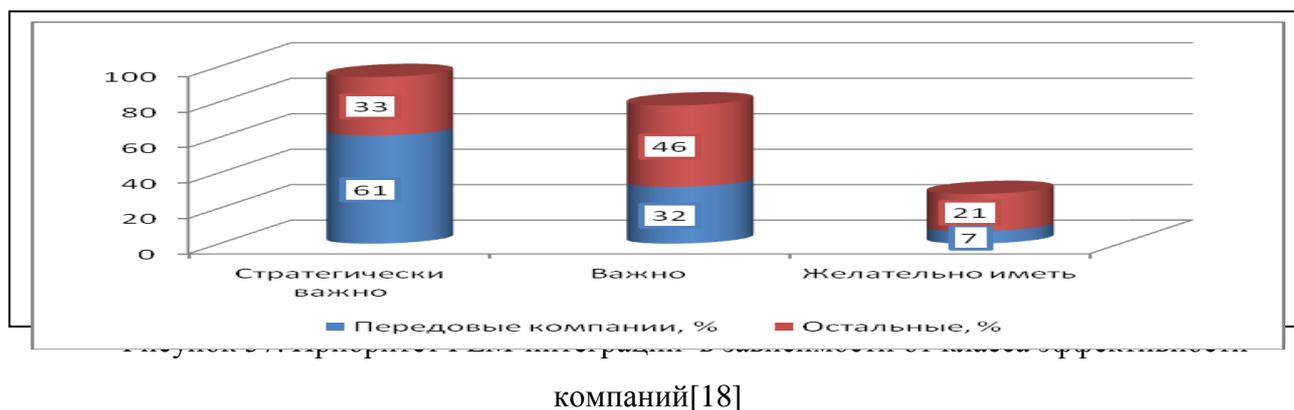


Таблица 6

Эффективность PLM-интеграции в зависимости от класса эффективности компании

Показатель	Оценка «очень хорошо» по сравнению с конкурентами		
	Передовики, %	Остальные, %	Перевес
Себестоимость проекта	41	14	3X
Своевременность апгрейда	44	21	2X
Стоимость апгрейда	46	10	Свыше 4X
Потребность в апгрейде	44	17	Свыше 2X
Низкие риски при апгрейде	41	13	3X
Стабильность интеграции	35	21	1,5X
Своевременность интеграции	54	19	3x
Обработка ошибок / Восстановление	38	17	Свыше 2X

Передовые компании наслаждаются такими бонусами, как меньшие затраты и меньшие риски, их проекты интеграции более эффективны и обеспечивают лучшие возможности для внедрения, эксплуатации и поддержки интеграционных решений. Это приводит к тому, что передовики что-то делают по-другому, чему остальные могут поучиться, чтобы повысить свою эффективность.

Важно рассмотреть негативные воздействия, вызванные неэффективностью интеграции. Можно ожидать, что в практике передовых компаний таких воздействий будет меньше, поскольку эффективность PLM-интеграции у них выше. Анализ опыта компаний, которые

сообщили, что испытывают негативное влияние неэффективности «Всё время», показал отличия. Передовики, как и ожидалось, с такими проблемами сталкиваются меньше (рис. 38).



Рисунок 38. Проблемы неэффективности PLM-интеграции в зависимости от класса компаний[18]

Чтобы было ясно: проблемы возникают даже у передовых компаний, но возникают реже, чем у остальных. Таким образом, передовики не только внедряют, эксплуатируют и поддерживают PLM более эффективным образом – они испытывают меньшее влияние проблем неэффективности интеграции, досаждающих производителям.

1)Передовики больше интегрируют. Что передовики делают по-другому? Во-первых, они больше интегрируют. К примеру, 96% из них уже интегрировали PLM-платформу со своими корпоративными приложениями. При этом 37% компаний из категории «Остальные» еще только планируют интеграцию с корпоративными приложениями, а у 6% даже планов таких нет. То есть, пока остальные еще только думают об интеграции, передовики её уже осуществили и наслаждаются её преимуществами. Количество корпоративных приложений, с которыми достигнута интеграция, у передовых компаний, в среднем, на 45% больше, чем у остальных; в случае с интеграцией инструментов проектирования и поддержки производства средняя цифра больше на 65% (рис. 39).

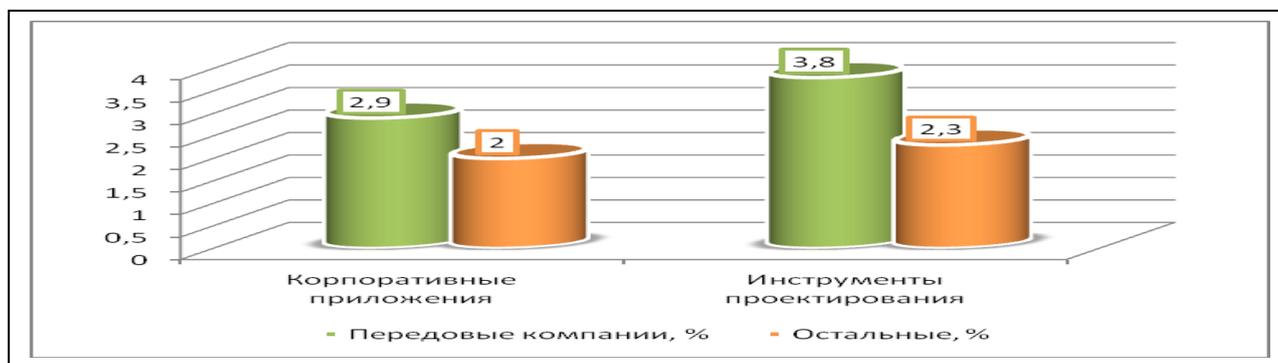


Рисунок 39. Среднее количество интегрированных систем в зависимости от класса эффективности[18]

2)Передовики больше интегрируют PLM с более продвинутыми инструментами проектирования и поддержки производства, в частности, интегрируют свою PLM-платформу с ERP- и CAD- системами – в категориях корпоративных приложений и инструментов проектирования соответственно. Но можно посмотреть на это под другим углом: не что чаще, а в чём отличие (рис. 40). Самые распространенные направления интеграции тоже являются частью успеха передовых компаний, но это не то, чем они отличаются от остальных.

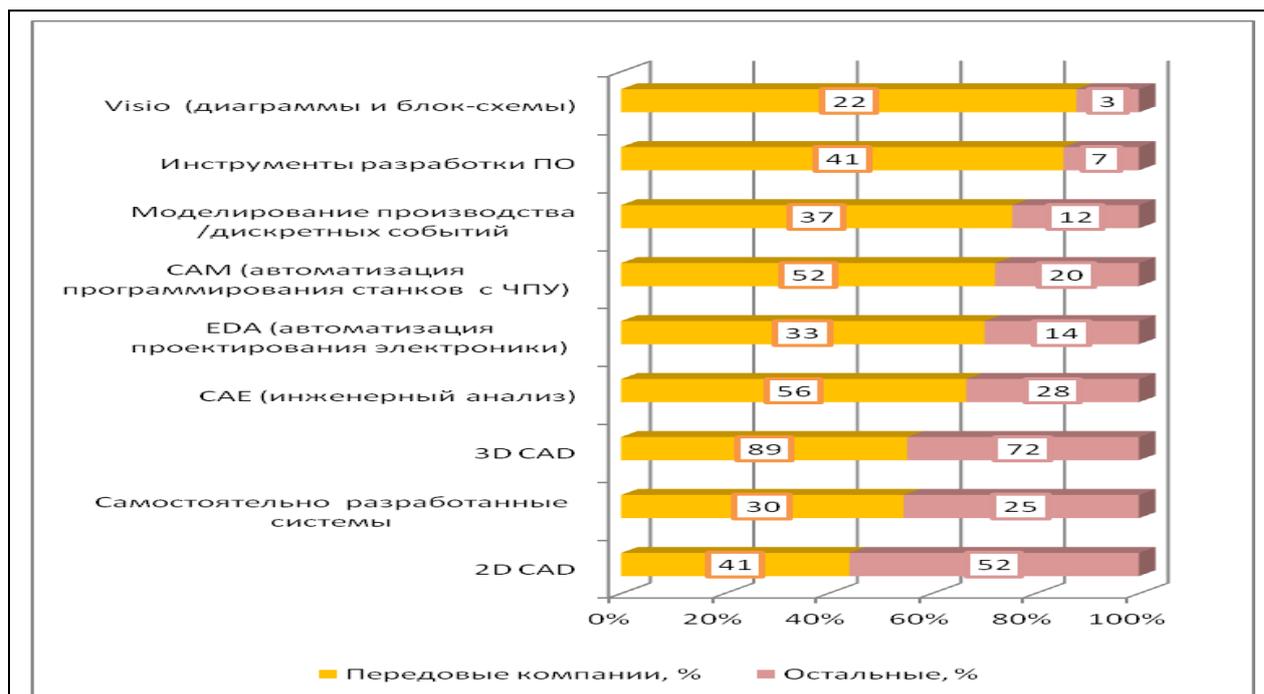


Рисунок 40. Интеграция PLM с инструментами проектирования в зависимости от класса компаний[18]

Целесообразно, сначала рассмотреть инструменты проектирования и поддержки производства. Наиболее часто PLM-платформу интегрируют с CAD-инструментами: примерно три четверти компаний – с 3D CAD и около половины – с 2D CAD. Это самый распространенный вид интеграции в обоих классах эффективности, причем популярность интеграции с 2D CAD- системами у передовых компаний меньше (41%), чем у остальных (52%). С другой стороны, передовики в пять раз чаще интегрируют инструменты разработки встроенного ПО (41% против 7%). Это намного улучшает их способность поддерживать разработку современных интеллектуальных мехатронных изделий. Кроме того, в 2.3 раза больше передовых компаний (33% против 14%) озаботились интеграцией с EDA-системами (электротехнические и электронные САПР). Из этого мы делаем вывод, что передовики больше внимания обращают на междисциплинарное проектирование и соответствующую интеграцию данных и процессов.

Больше обычных компаний передовики интегрируют PLM с инструментами для подготовки и поддержки производства. Например, они в три раза чаще интегрируют средства моделирования производства (37% против 12%) и в два раза – САМ- системы. Кроме того, они вдвое чаще интегрируют инструменты инженерного анализа – САЕ (56% против 28%), что упрощает хранение и совместное использование данных о конструкции инженерами- расчетчиками. Пожалуй, одна из самых неожиданных находок – высокая популярность интеграции с системой Visio у передовиков (22% против 3%). Компании могут использовать функционал Visio различными способами, включая определение процессов и даже задачи системного проектирования. Всё это четко показывает, что передовые компании обогнали остальных по интеграции PLM с более продвинутыми инструментами проектирования и поддержки производства, причем с большим охватом всего предприятия, простирающимся за пределы конструкторских отделов.

3) Передовики больше интегрируют PLM с более продвинутыми корпоративными приложениями. ERP-системы является наиболее часто интегрируемым с PLM корпоративным приложением. Эту интеграцию реализовали три четверти передовых компаний и две трети остальных (рис. 41), так что здесь передовики особо не выделяются.

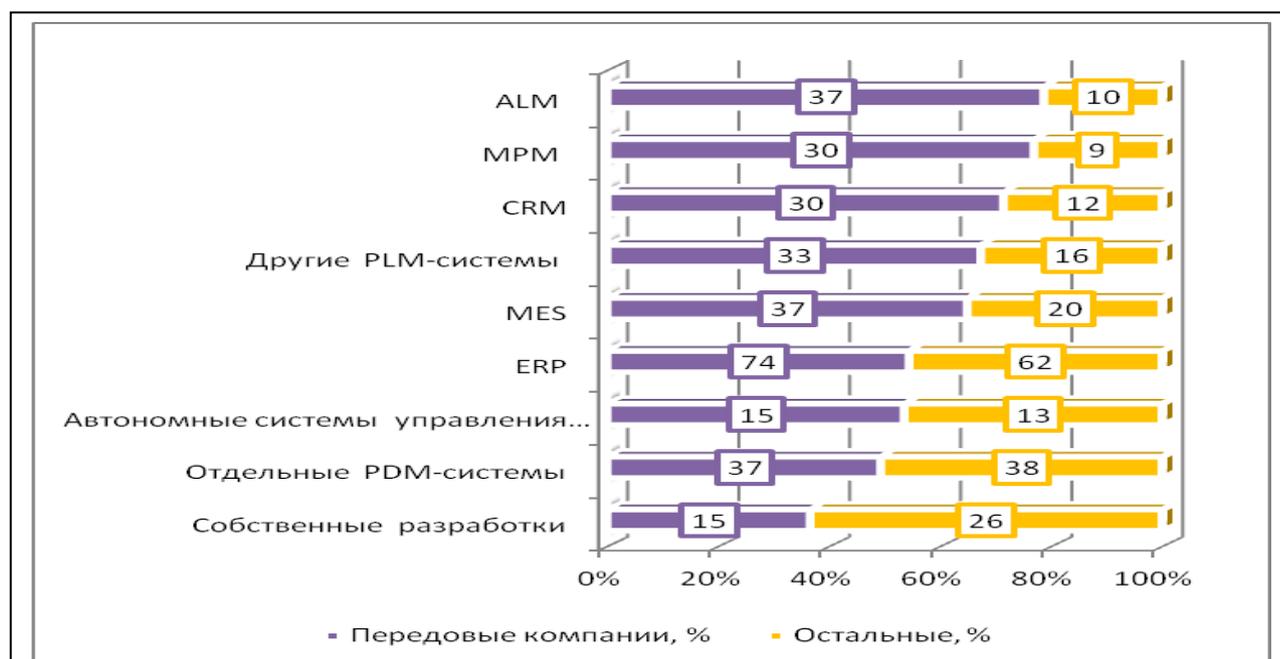


Рисунок 41. Интеграция PLM с корпоративными системами в зависимости от класса эффективности компаний[18]

Отметим аналогии с интеграцией передовиками инструментов проектирования. Эти компании чаще интегрируют PLM с системами разработки встроенного ПО, моделирования производства и исполнительными системами. В первую очередь, это необходимо для поддержки процессов создания более интеллектуальных мехатронных изделий. В частности,

передовики в пять раз чаще интегрируют PLM с инструментами управления жизненным циклом программных приложений (Application Lifecycle Management, ALM), чем остальные компании.

Еще одна постоянная тема – поддержка производства. Передовики в 2.4 раза чаще интегрируют PLM с системами управления производственными процессами (Manufacturing Process Management, MPM) или системами цифрового производства (Digital Manufacturing, DM), что необходимо для поддержки производственных процессов и сопутствующей информации. Кроме того, они в 1.8 раз чаще интегрируют PLM с исполнительными производственными системами (Manufacturing Execution Systems, MES) или системами управления производственными операциями (Manufacturing Operations Management, MOM). И, так же как это было в случае с инструментами проектирования, передовые компании стараются расширить охват, поэтому в 2.5 раза чаще интегрируют PLM и системы управления отношениями с заказчиками (Customer Relationship Management, CRM), чем остальные. Еще одна находка, которая некоторых может удивить, хотя инсайдеры отрасли вполне могли этого ожидать, связана с интеграцией PLM-систем с другими PLM- и PDM-системами. Это не всегда делается по стратегическим соображениям, но бывает так, что на площадке многих компаний развернуто несколько PLM-решений. Такая ситуация наиболее типична для крупных компаний. Передовики и здесь отличаются от других: они в два раза чаще связывают между собой разные PLM-системы. Причины могут быть разнообразными: гармонизация результатов слияний и поглощений; интеграция с PLM-системой заказчика или поставщика; желание «обернуть» вокруг инженерно-центричной PLM-платформы функционал системы, ориентированной на цепочку поставщиков, что необходимо для коллаборации, и пр.

4) Передовики интегрируют и используют больше данных. Чтобы лучше понять интеграцию PLM-платформ с корпоративными приложениями и с инструментами проектирования и поддержки производства, были проанализированы, какие данные интегрируют опрошенные компании. Результаты согласуются с тем, какие системы они интегрируют. Наибольшие отличия касаются интеграции 3D-изображений и визуализации файлов (рис. 42). Изображения обычно служат для распространения конструкторской информации по всему предприятию и по цепочке поставщиков. Передовые компании, шире понимая задачи совместного использования данных, чаще остальных интегрируют производственные данные (включая техпроцессы и управляющие программы для станков с ЧПУ). Вне сферы данных, передовиков отличает более широкая интеграция процессов. Например, передовые компании значительно чаще интегрируют продвинутые PLM-процессы, как это

видно в случае с планами проведения испытаний (22% против 13%), что необходимо для поддержки верификации и валидации. Ключевое отличие: передовики интегрируют более сложные данные, которые они используют для коммуникации значительно шире. [18]



Рисунок 42. Интегрируемые данные в зависимости от класса эффективности компаний

5) Передовики используют более совершенные технологии интеграции. В дополнение к изучению того, что интегрируют со своими PLM-системами опрошенные компании, были проанализированы способы, которыми они осуществляют интеграцию – чтобы и здесь выявить отличительные особенности подхода передовиков. Результаты опроса показывают, что передовики отличаются не только тем, какое ПО они интегрируют, но и тем, как они это делают. Наиболее очевидный вывод – компании используют различные инструменты и методы интеграции. И передовики, и остальные предпочитают комбинировать подходы (рис. 43). Это отражает текущую реальность: принцип «один размер для всех» не подходит для интеграции PLM с другим ПО.

Но между подходами к интеграции имеются важные отличия. Некоторые подходы позволяют проще внедрять, эксплуатировать и поддерживать интеграционные решения. Другие могут потребовать немного больше времени в начальный период, но зато обеспечивают большую гибкость и лучшие условия дальнейшего сопровождения. Конечно же, эти методы не являются взаимоисключающими, о чём свидетельствует большой процент компаний, которые используют все возможности. Как правило, разумнее полагаться на

интеграцию по технологии, предлагаемой вендором, чем пытаться силой подгонять санкционированный подход. Если компания использует то, что не поддерживает вендор, это может оказаться более дорогим удовольствием. [18]

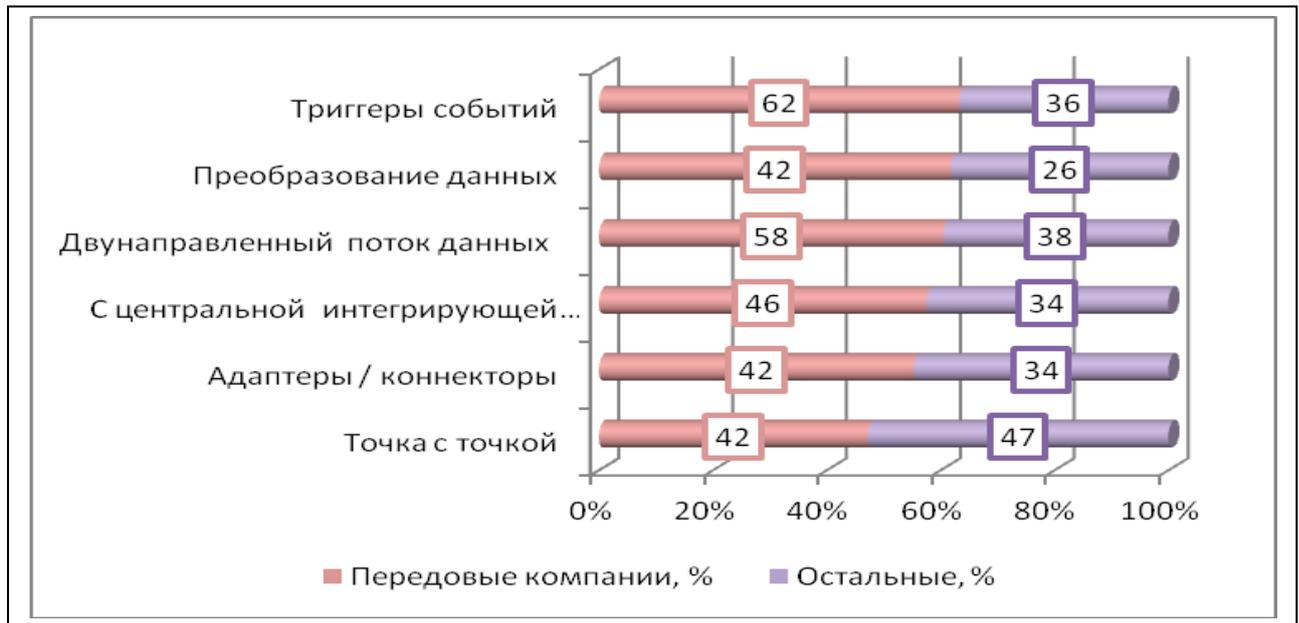


Рисунок 43. Подходы к интеграции в зависимости от класса эффективности компаний

Передовые компании применяют различные подходы, но в их инструментарий включены более передовые формы интеграции, чем у остальных. Например, передовики реже полагаются на прямое взаимодействие систем – «каждая с каждой», или, как еще называют, «точка – точка». (Эта топология подразумевает, что активная система напрямую обращается к другой системе через её интерфейс; реализовать такую связь проще, но при изменении одной из систем может потребоваться переделка. Более сложный способ предусматривает создание центрального компонента – интегрирующей среды (концентратора) с универсальным интерфейсом для доступа активных систем. Эта топология называется «звезда» или «хаб + спицы» (hub and spoke). Главное – возможность использования различных методов интеграции, и компаниям следует выбирать оптимальный метод для конкретной ситуации, чтобы не только минимизировать затраты, но и обеспечить гибкость, а также учесть все другие факторы, имеющие значение на протяжении жизненного цикла интеграционных решений.

Таким образом, самые эффективные производители, получающие наибольшую пользу от своих PLM-систем, больше других склонны смотреть на PLM- интеграцию, как на стратегическую задачу. Они интегрируют со своей PLM-платформой больше инженерных инструментов и корпоративных приложений, ориентируясь при этом на более продвинутые инструменты и приложения. Кроме того, они интегрируют больше данных, включая

информацию, которая охватывает всё предприятие и цепочку поставщиков. Это приводит к выводу, что наличие лучшей PLM-интеграции означает просто хорошее ведение бизнеса.

Отметим также, что рассмотренный опыт лидирующих компаний, получающих наибольшую пользу от своих PLM-систем, является достаточно полезным для предприятия АО «Конструктор», так как в настоящий момент компания не использует множество инженерных инструментов и корпоративных приложений, не создано единое информационное пространство, в целом применяются не достаточно эффективные программные продукты в системе управления конфигурацией. Кроме этого, компания АО «Конструктор» не сталкивается с такими проблемами как: подходы к интеграции, мало интегрируемых данных и так далее, предприятие в целом не осуществляет интеграцию PLM-системы. Необходимость PLM –интеграции на предприятии АО «Конструктор» можно еще объяснить тем, что PLM –интеграция имеет большие перспективы. Важной тенденцией, значительно влияющей на PLM, станут изменения, связанные с интернетом вещей (IoT) и промышленным интернетом (Industrial IoT, IIoT). Уже сегодня заметно влияние, которое оказывают интеллектуальные изделия. Интернет вещей расширит зону этого влияния очень существенно. Наличие изделий, которые могут передавать информацию обратно предприятию -изготовителю, помогает определить, как используется это изделие и возможности MRO (Maintenance, Repair, Overhaul – техобслуживание, ремонт и доработка или списание). Имея достоверную информацию об эксплуатации изделия, компании могут концентрироваться на выявлении областей для улучшения или на создании новых изделий. Это делает интеграцию еще более стратегически значимой задачей и, одновременно, более сложной – с вовлечением встроенного ПО, прошивок и всего прочего, что требуется для коммуникационного интерфейса. В документе «Ten Build-Buy Factors For IoT Platforms» отмечается, что компаниям надо рассматривать интеграцию с устройствами, техническим ПО и корпоративными приложениями. Но интернет вещей может сделать PLM-интеграцию не только более сложной, но еще и более важной для предприятий. Функционал PLM играет основную роль в поддержке IoT-инициатив, предоставляя весь контекст изделия (включая конструкции, конфигурации и пр.), необходимый для цифровой цепочки задач и цифрового двойника. Это выдвигает еще более высокие требования к PLM- интеграции.

Кроме этого, респонденты [18] отметили здесь возрастающую важность, наряду с возрастающей сложностью. Как отметил один производитель промышленного оборудования, интеграция станет «более стратегически значимой, понадобится больше данных, и придется обращаться к PLM за помощью для принятия бизнес-решений. Увеличатся требования к производительности и эффективности». Распространение IoT

приведет к повышению сложности, но также и к увеличению ценности PLM для бизнеса, еще больше повысит важность инвестирования в лучшие практики PLM-интеграции и производительности PLM.

Резюмируя вышеизложенное, сделаем вывод, что использование PLM помогает компаниям создавать инновации, эффективно решать инженерные задачи, улучшает процессы разработки продуктов и коммуникацию в рамках предприятия и по всей цепочке поставщиков. Улучшение PLM-интеграции помогает компаниям в полной мере достичь предлагаемых PLM-системой преимуществ, делая её стратегически важным активом. Степень важности, наряду с уровнем сложности, будет только расти по мере того, как компании будут переходить на выпуск всё более интеллектуальных, подключаемых к интернету изделий, и задействовать возможности интернета вещей.

Самые эффективные производители, получающие наибольшую пользу от своих PLM-систем, больше других склонны смотреть на PLM-интеграцию, как на стратегическую задачу. Они интегрируют со своей PLM-платформой больше инженерных инструментов и корпоративных приложений, ориентируясь при этом на более продвинутые инструменты и приложения. Кроме того, они интегрируют больше данных, включая информацию, которая охватывает всё предприятие и цепочку поставщиков. Это приводит к выводу, что наличие лучшей PLM-интеграции означает просто хорошее ведение бизнеса. В связи с этим, необходимо рассмотреть PLM-интеграцию на конструкторском предприятии АО «Конструктор» и оценить эффективность системы управления конфигурацией, для этого, перейдем к следующим параграфам исследования.

3.4. Интеграция PLM-системы–как фактор совершенствования управления конфигурацией на конструкторском предприятии АО «Конструктор»

Проведенное выше исследование показало, что на сегодняшний день, компания АО «Конструктор» работает в различных программных продуктах, в частности: 1) Конструкторские программы: Компас 3D, AutoCad, hinkDesign; 2) Расчетные программы: ANSYS; 3) Программы обработки 3d-моделей: 3ds Max (3D Studio MAX); Geomagic; 4) Графические редакторы: Adobe Photoshop; Adobe InDesign; CorelDRAW. Однако, для наибольшей эффективности работы компании была выбрана PLM-система- SolidWorks, которая имеет массу преимуществ перед программным продуктом Компас 3D. Однако, и этот программный продукт не следует игнорировать, он позволяет различные функции выполнять более

продуктивнее, чем конкурент SolidWorks. При этом, даже внедрение программного продукта PLM-системы- SolidWorks, не позволит предприятию АО «Конструктор» совершенствовать систему управления конфигурацией, так как для этого, необходимым является создание единого информационного пространства и эффективная интеграция PLM-систем. При этом, было выявлено, что успешные компании, интегрируют PLM-системы с более продвинутыми корпоративными приложениями, более продвинутыми инструментами проектирования и поддержки производства, в частности, интегрируют свою PLM-платформу с ERP- и CAD-системами и др. Следовательно, для компании АО «Конструктор» является необходимым внедрение дополнительных программных продуктов, в частности PLM-системы- SolidWorks, а также PDM-системы, которая будет создавать единое информационное пространство и позволит также осуществлять эффективную интеграцию с другими ПО.

Однако, для выбора наилучшего программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия конструкторского предприятия АО «Конструктор», были изучены предложения компаний. В результате было выявлено, что компания Dassault Systimes является мировым лидером в области разработки программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия на протяжении многих лет. Для малых и средних предприятий Dassault Systimes предлагает PLM-решение SmarTeam, которое входит в состав бренда ENOVIA и хорошо известно на рынке. Пакет SmarTeam Express разработан на основе системы ENOVIA SmarTeam и адресован предприятиям, которые только начинают свой путь в PLM. Свойства пакета SmarTeam Engineering Express представлены в Приложении 7. Описанные свойства пакета SmarTeam Engineering Express позволяют по праву рекомендовать его в качестве доступного PLM-решения для предприятий малого и среднего бизнеса. Система PDM SmarTeam включает в себя следующие основные компоненты: SmarTeam - базовая система, предоставляющая полный набор средств для совместной работы при создании, редактировании, поиске и хранении любых типов данных и документов. Обеспечивается управление проектами, ведение версий, экспорт и импорт информации; SmartView - модуль, обеспечивающий просмотр векторных, растровых, офисных файлов более 200 форматов, а также внесение пометок в документы (RedLining); SmartVault - компонент серверной архитектуры SmarTeam, обеспечивающий защиту данных, распределение прав и контроль доступа ко всем данным и документам; SmartFlow - подсистема маршрутизации данных и документов; обеспечивает их автоматическое прохождение по предприятию в соответствии с задаваемыми процедурами согласования, утверждения, внесения изменений и др.; SmartWeb - подсистема, обеспечивающая удаленный доступ специалистов к базе данных SmarTeam; SmartGateway - подсистема,

обеспечивающая интеграцию с ERP-системами (системами управления производством) и другими PDM-системами; Smart Multi-site - подсистема, организующая работу сети филиалов предприятия в едином информационном пространстве; mySmarTeam, mySmartPublish, SmartBOM, SmartBriefcase- подсистемы, реализующие информационную интеграцию предприятия с заказчиками и поставщиками. Схематично компоненты PDM-системы SmarTeam представлены на рис.44.



Рисунок 44. Компоненты PDM-системы SmarTeam и возможности предприятия АО «Конструктор»

SmarTeam обеспечивает прием информации, создаваемой на различных этапах ЖЦИ, причем ввод информации может выполняться либо в системах проектирования, либо в самой PDM. Наличие общей базы данных об изделии позволяет организовать процесс параллельного проектирования, когда каждый специалист использует данные об изделии для решения своих задач. Даже в тех случаях, когда последующий проектант использует результаты работы предыдущего, применение параллельного проектирования может заметно снизить общее время ТПП, рис.45.

Важной задачей, решаемой SmarTeam, является организация электронных архивов. Электронный архив - это не просто набор отсканированных документов или CAD-файлов, созданных конструкторами. Для каждого документа проекта в электронном архиве хранится соответствующая информация, описывающая все действия, производимые над документом (изменение, тиражирование, выдача по заявкам и др.) на протяжении всего жизненного цикла документа. SmarTeam дает возможность руководителям подразделений работать в единой информационной среде вместе со своими специалистами. Для этого существуют специальные функции, такие как RedLining (использование «красного карандаша» для

внесения замечаний при проверке результатов деятельности своих подчиненных); средства Workflow- с их помощью руководители могут контролировать и управлять потоками производственных заданий. Кроме того, в распоряжении руководителя имеются все возможности поиска и просмотра информации по проектам. Быстрое получение ответов на вопросы: «Какие документы должны быть сделаны к указанной дате?», «Какие документы должны быть сделаны к указанной дате, но не сделаны?», «Где находится данный документ?» и т.д., позволяют своевременно и правильно принимать решения по планированию работ и управлению подразделениями. Единая база данных и средства настройки SmartTeam дают возможность организовать работу технологов, конструкторов и других специалистов предприятия в едином информационном пространстве. Это, в частности, позволяет конструкторам, расцеховщикам, расчетчикам норм расхода материалов и другим специалистам заимствовать и использовать введенную ранее технологами (при проектировании технологических процессов) информацию о выполняемых операциях, необходимом инструменте, оснастке и др. Результатом работы PDM-системы является согласованная коллективная работа конструкторских бюро, технологических отделов, службы технической документации (СТД), других подразделений предприятия.

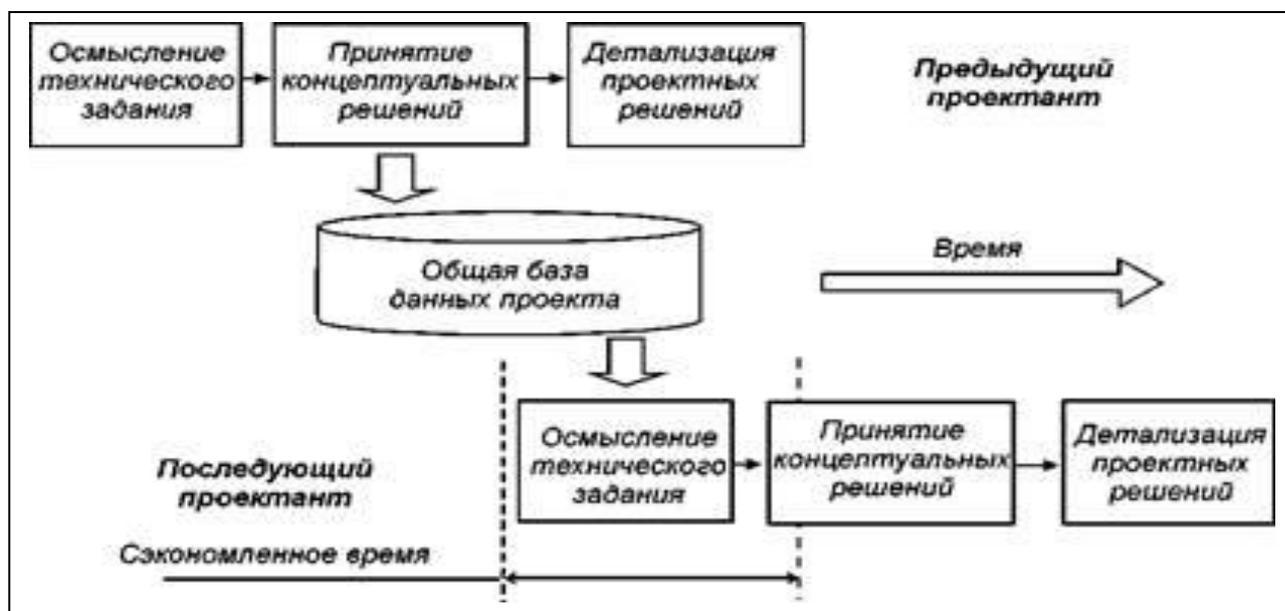


Рисунок 45. Возможности использования параллельного проектирования в SmartTeam на предприятии АО «Конструктор»

Кроме выше перечисленного, SmartTeam имеет множество других преимуществ. В частности, к преимуществам следует отнести создание инновационных технологий, рис.46. Внедрение инноваций влияет на: возможность иметь устойчивое технологическое лидерство; создавать барьеры для входа новых предприятий на рынок; технологии снижают издержки; вызывают добавочный эффект и возможность дифференциации. Кроме этого, программный

продукт SmartTeam предлагает методологию RCM. Суть методологии RCM сводится к автоматизированному контролю за технической эффективностью, безопасностью и экономичностью эксплуатации оборудования после детального анализа исходных данных. Более подробная данная методология представлена в Приложении 6. [54]

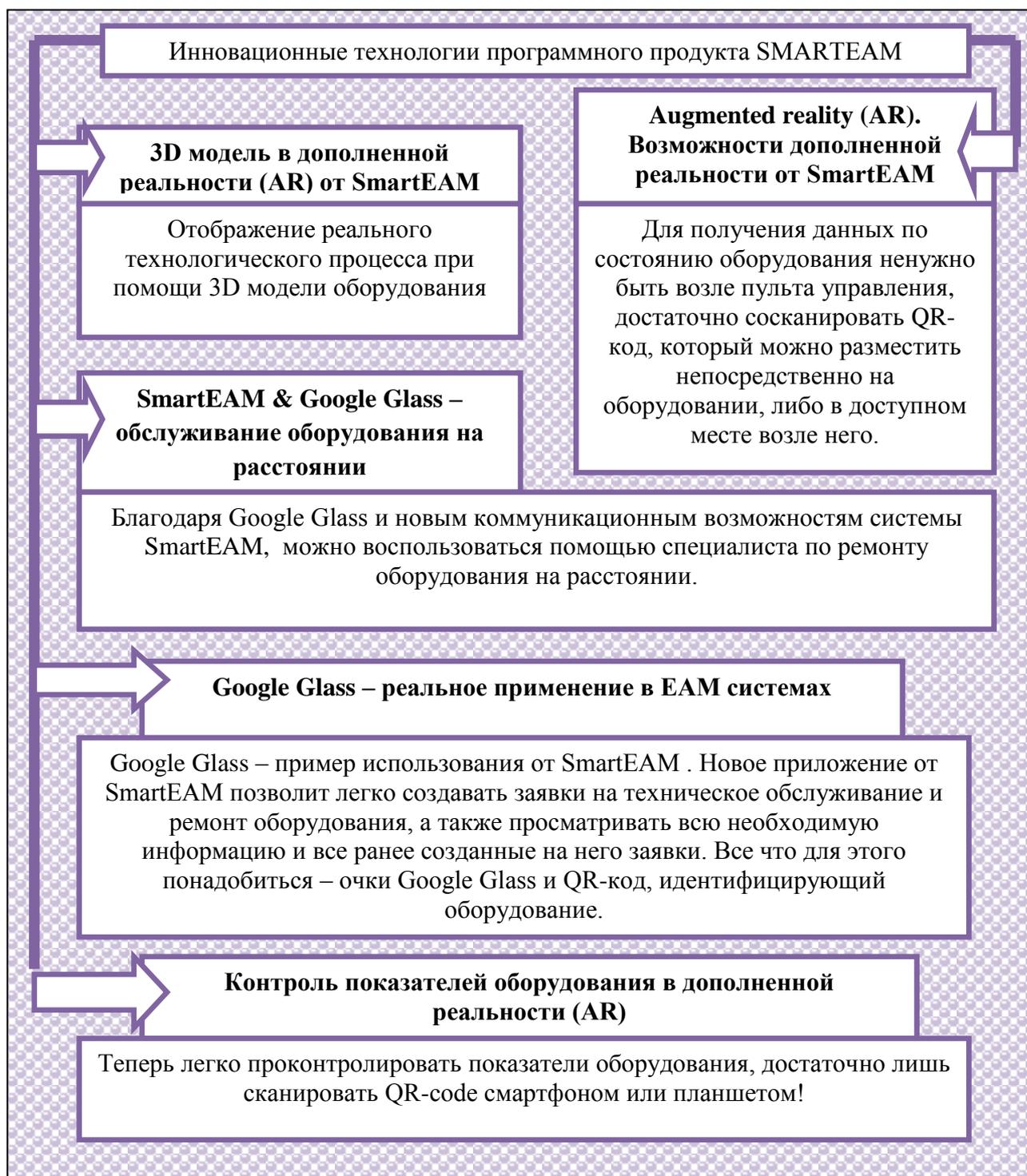


Рисунок 46. Иновационные технологии программного продукта SMARTTEAM[54]

Передовые компании используют мобильные технологии во всех аспектах своей деятельности, чтобы работники, поставщики и клиенты имели доступ к нужной информации

в любое время и в любом месте. Внедрение смартфонов, планшетов и нательных устройств в производственный процесс - это правильный выбор, поскольку с их помощью можно получать полный и быстрый доступ к важной информации и приложениям, обеспечивающим бесперебойную работу (в нашем случае) оборудования. Сейчас эта тема часто обсуждается специалистами в связи с развитием индустриального «Интернета вещей» и Индустрии 4.0. Четвертая индустриальная революция и организация «умных» заводов вполне достижима для большинства производств, а дальнейшее применение мобильных и нательных устройств увеличивает возможности оперативного доступа к данным.

SmartEAM разработала и выпустила собственное мобильное приложение для мониторинга состояния оборудования на производстве. При необходимости продукт может быть адаптирован под нужды любого заказчика, а также отрасли: химическая промышленность, машиностроение, строительство, нефтяная, железнодорожная отрасль, область энергетики и другие. Использование мобильных технологий на предприятиях это удобство, оперативное планирование при исполнении ремонтной программы. Для персонала по ремонту: удобный ввод данных на месте и в момент выполнения работ; вся необходимая информация всегда под рукой; контроль за исполнением задач; оперативный мониторинг ключевых показателей для руководства. Мобильное приложение –это удобный способ контроля важных показателей оборудования на предприятии. Мобильное приложение позволяет оперативно внести данные о состоянии оборудования. Для кого: персонал, который работает с оборудованием: операторы, специалисты по обслуживанию оборудования. Руководитель подразделения также получает сводку итогов работы в виде дашборда, протокола, контрольного листа. Доступна работа приложения в оффлайн режиме, без привязки к интернету, для возможности работы в любое время, в любом месте. На каждое оборудование размещается QR – код для быстрого доступа к оборудованию. Задание на маркировку оборудования автоматически создает в системе запись о том, что единицу оборудования нужно промаркировать. После определения исполнителя, система автоматически распечатает QR-метку. После этого в системе отображается, что данная единица оборудования промаркирована. За последние годы множество компаний реализовали решение SmartEAM, партнеры компании и опыт внедрения представлены в Приложении 7.

Главная цель PDM - поддержка электронного описания продукта (изделия) на всех стадиях его жизненного цикла. Таким образом, внедрение SmartTeam на предприятии АО «Конструктор» позволит решить следующие задачи: ведение проектов; планирование и диспетчирование работ; распределение прав доступа к информации между отдельными

участниками проекта или их группами; управление изменениями в документации; контроль целостности проекта и другое, рис.47.



Рисунок 47. Цель и задачи системы SmartEAM на предприятии АО «Конструктор»

В силу использования PDM большим числом специалистов, PDM является многопользовательской системой, которая работает в компьютерной сети. Она организует единое информационное пространство предприятия, обеспечивая создание, хранение и обработку информации в единой базе данных с помощью системы управления базами данных (СУБД).

Итак, выше были рассмотрены возможности программного продукта SmartEAM, который при внедрении на предприятии АО «Конструктор» позволит создать единое информационное пространство и позволит совершенствовать систему управления конфигурацией. Для установки программы целесообразно обратиться к услугам сторонних организаций, которые оказывают услуги информационной поддержки организаций. Одной из них является компания «Би Питрон». Данная компания на базе PDM-системы SmartTeam разрабатывает систему информационной поддержки продукции российских предприятий. При этом, система позволяет создать единое информационное пространство, в котором могут решать свои задачи все специалисты, имеющие отношение к данным об изделии на всех этапах ЖЦИ, рис. 48.

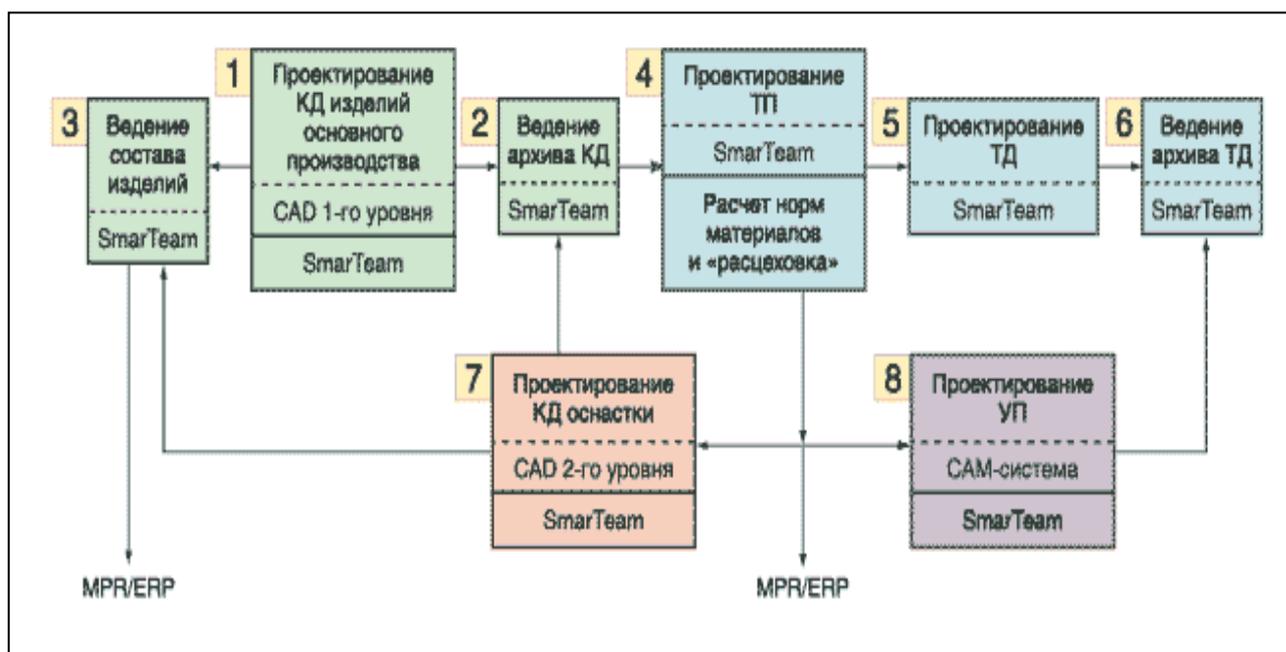


Рисунок 48. Решение задач технической подготовки производства под управлением PDM - системы SmartTeam на предприятии АО «Конструктор»

Более подробно решение задач на этапах проектирования и технологической подготовки производства представлены в Приложении 8.

В настоящее время предприятием «Би Питрон» разработаны состав и структура информации ЕИП, а также программы, которые обеспечивают информационную поддержку этапов технической подготовки производства. Существующая разработка выполнена в виде

типового проекта, в котором техническая подготовка производства осуществляется в среде ЕИП, а выходная документация соответствует требованиям действующих стандартов ЕСКД и ЕСТД. Система представлена набором рабочих мест следующих специалистов: руководители; конструкторы (основного изделия, средств технологического оснащения); технологи (разработчики технологических процессов, межцеховых маршрутов, норм расхода материалов); разработчики норм трудовых затрат; сотрудники отдела стандартизации; операторы электронного архива. Характеристика рабочих мест специалистов представлена в Приложении 9.

Наряду с программно-методическим обеспечением системы информационной поддержки этапов конструкторского проектирования и технологической подготовки производства в главном офисе фирмы «Би Питрон» разработаны и проводятся учебные курсы как для пользователей системы, так и для специалистов, которые будут выполнять ее сопровождение. Таким образом, внедрение программного продукта SmarTeam на предприятии АО «Конструктор» с помощью услуг сторонней организации, в частности компанией «Би Питрон», позволит обеспечить интеграцию PLM-системы, создать единое информационное пространство, обучить сотрудников предприятия АО «Конструктор» для работы в системе, совершенствовать систему управления конфигурацией, а это положительно повлияет на изменение показателей работы организации в целом. Для того, чтобы оценить эффективность проекта, перейдем к следующему параграфу исследования.

3.5. Эффективность системы управления конфигурацией на предприятии АО «Конструктор»

Внедрение и интеграция PLM- системы SmarTeam на предприятии АО «Конструктор» займет всего лишь 10 дней. При этом, компания получает ядро PLM- системы, которое начинает функционировать в конструкторском подразделении, и совершает тем самым главный шаг на пути к широкомасштабной PLM организации. Отныне инженеры смогут работать в единой информационной среде, знания и опыт предприятия будут накапливаться в единой базе данных, и процесс проектирования станет гораздо более управляем и прозрачен с точки зрения внесения изменений, контроля ревизий изделий и их актуальности.

Внедрение и интеграция PLM- системы SmarTeam на предприятии АО «Конструктор» позволит получить не только экономическую, но и социальную эффективность. При этом, к социальной эффективности следует отнести решение проблем предприятия и возможности,

которые появятся в случае внедрения PLM- системы, в частности: хранить, структурировать и защищать от несанкционированного доступа информацию о продукте; регистрации изменения в документах по мере их создания; быстро находить данные по специальному контексту; контролируемый обмен информацией, повторное использование стандартных деталей и разработок и другое. Рассмотрим подробнее. 1) Проблема необходимости хранения, и защиты от несанкционированного доступа информации о продукте, с помощью SmarTeam будет решена, в связи с тем, что программный продукт обеспечивает безопасность, создает единую систему хранения для всех пользователей, позволяет осуществлять сбор и хранение всех данных о продукте на одном защищенном сервере, рисунок 49.



Рисунок 49. Решение проблемы: хранения и защиты от несанкционированного доступа информации о продукте с помощью SmarTeam и социальная эффективность на предприятии АО «Конструктор»

2) Проблема необходимости регистрировать изменения в документах по мере их создания с помощью SmarTeam будет решена, в связи с тем, что программный продукт обеспечивает сохранение каждой ревизии документа и истории изменения документов, рисунок 50.

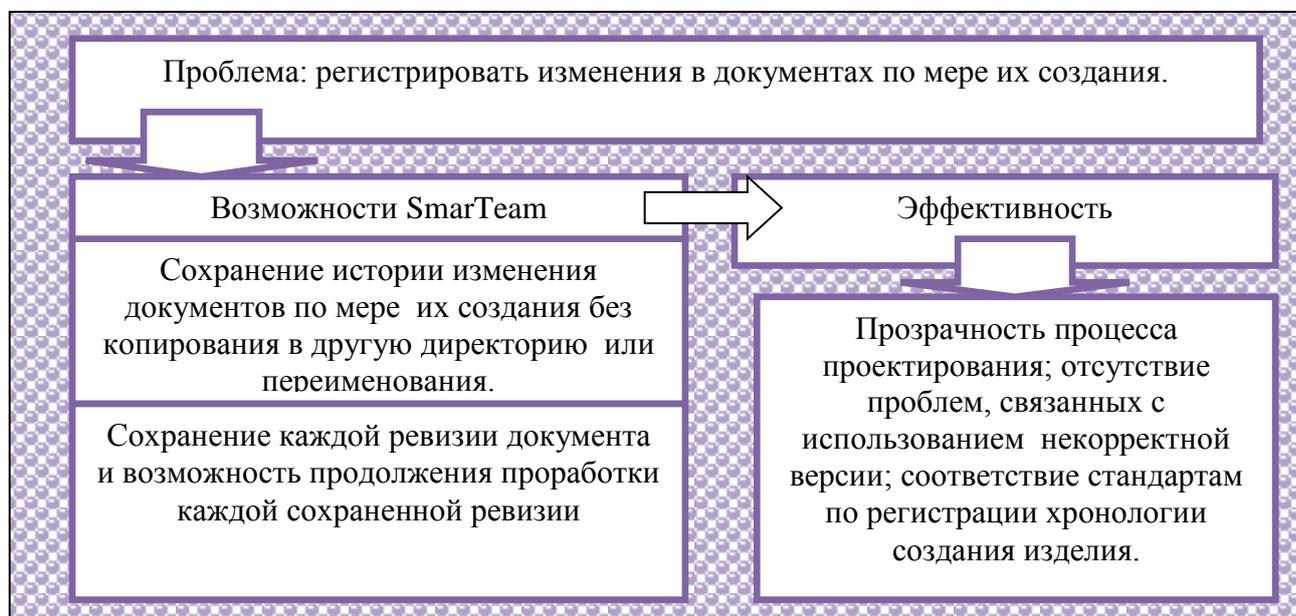


Рисунок 50. Решение проблемы: регистрации изменений в документах по мере их создания с помощью SmarTeam и социальная эффективность на предприятии АО «Конструктор»

3) Проблема быстро находить данные по специальному контексту, с помощью SmarTeam будет решена, в связи с тем, что программный продукт позволяет осуществлять поиск нужного объекта по атрибутам, по связям, по типу файла, по контексту и другое, рисунок 51.

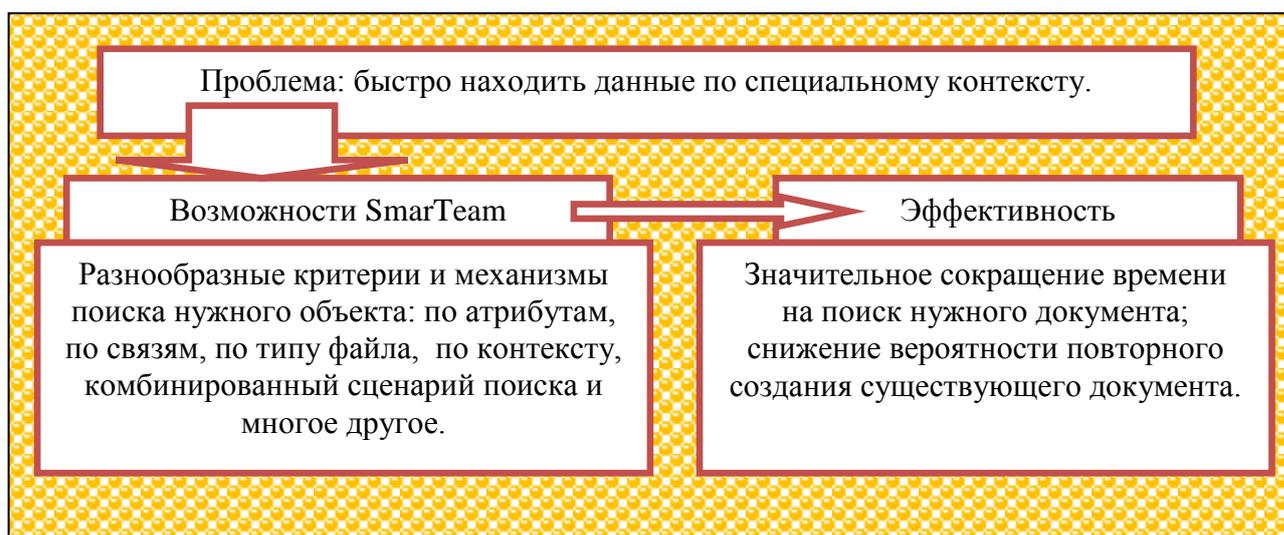


Рисунок 51. Решение проблемы: быстрого поиска данных с помощью SmarTeam и социальная эффективность на предприятии АО «Конструктор»

4) Проблема обеспечения пользователей возможностью контролируемого обмена информацией, с помощью SmarTeam будет решена, в связи с тем, что программный продукт предоставляет возможность контролируемого обмена информацией, аудит проекта, безопасный доступ к документу, рис.52.



Рисунок 52. Решение проблемы: обеспечения пользователей возможностью контролируемого обмена информацией с помощью SmarTeam и социальная эффективность на предприятии АО «Конструктор»

5) Проблема предоставления пользователям возможности повторного использования стандартных деталей и разработок, с помощью SmarTeam будет решена, в связи с тем, что программный продукт предоставляет возможности использования специального класса стандартных деталей, шаблонов стандартных деталей и методологии работы с ними; проверки на наличие в базе данных стандартных компонентов и обязательное их использование и другое, рис.53.

6) Проблема просматривать большое количество документов всевозможных форматов без привлечения специализированных приложений, с помощью SmarTeam будет решена, в связи с тем, что программный продукт предоставляет возможности управления документами и их связями благодаря использованию большого количества интеграций к приложениям САТІА, MS Word, MS Excel и другое, рис.54.



Рисунок 53. Решение проблемы: предоставления пользователям возможности повторного использования стандартных деталей и разработок с помощью SmarTeam и социальная эффективность на предприятии АО «Конструктор»

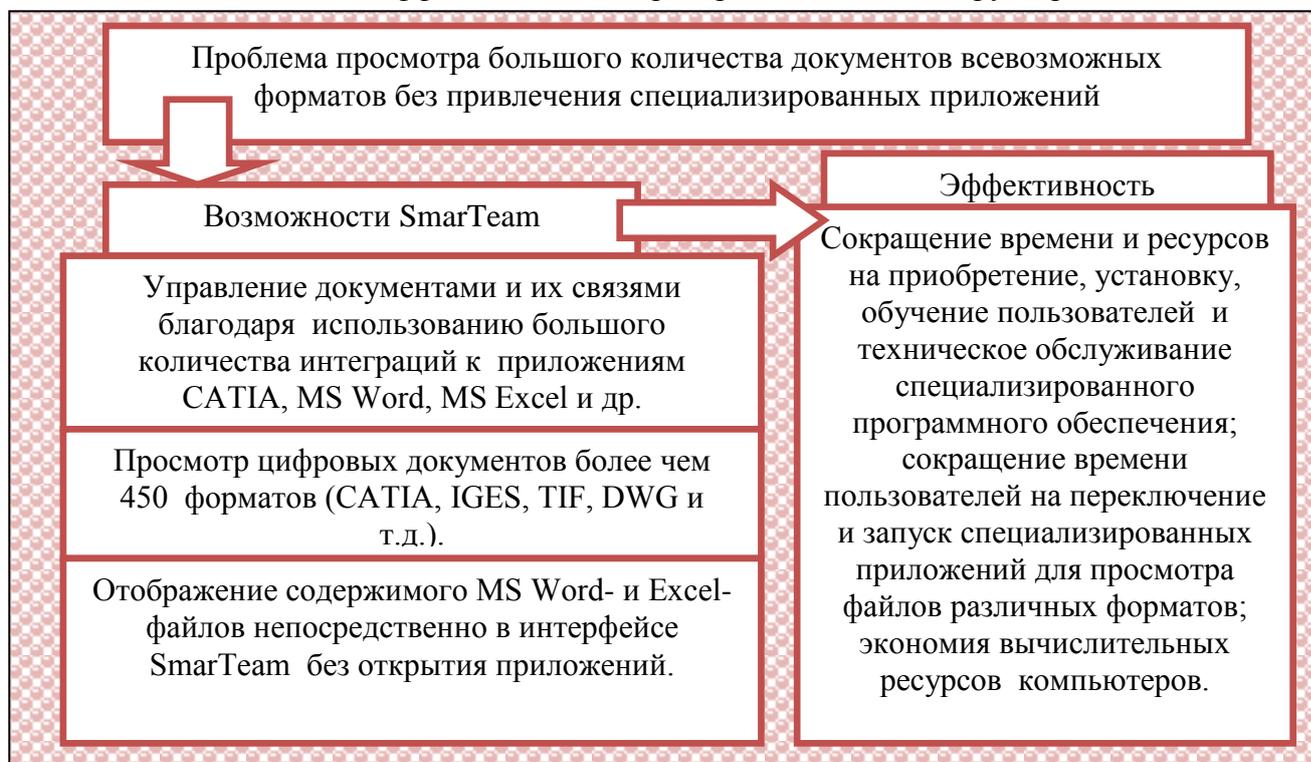


Рисунок 54. Решение проблемы просмотра большого количества документов всевозможных форматов без привлечения специализированных приложений, с помощью SmarTeam и социальная эффективность на предприятии АО «Конструктор»

Таким образом, внедрение системы SmarTeam, позволит предприятию повысить социальную эффективность, в частности: сокращение времени и ресурсов на приобретение, установку, обучение пользователей и техническое обслуживание специализированного программного обеспечения; сокращение времени пользователей на переключение и запуск специализированных приложений для просмотра файлов различных форматов; экономия вычислительных ресурсов компьютеров; ускорение выпуска новой продукции за счет использования прототипов предыдущих проектов; уменьшение трудозатрат на повторное создание деталей и проектов, уже существующих в базе данных; ускорение процесса обсуждения и принятия решения; более эффективное использование ресурсов; сокращение количества «узких мест» в процессе совместного проектирования за счет лучшего управления процессом путем распределения доступа к проектам и документам в зависимости от стадий жизненного цикла изделия; значительное сокращение времени на поиск нужного документа; снижение вероятности повторного создания существующего документа. Однако, кроме выше перечисленного, внедрение и интеграция программы SmarTeam позволит компании АО «Конструктор» повысить экономические показатели. В частности, опыт компаний, которые уже внедрили SmartEAM, добились следующих результатов: повысили коэффициент технической готовности оборудования при увеличении загрузки в два раза; улучшили общую эффективность оборудования на 10-15%; снизили затраты на ТОиР(техническое обслуживание и ремонт оборудования) более чем на 20 % на тонну выпущенной продукции; снизили запасы ТМЦ на 10 %; уменьшили длительность ремонтных простоев основного технического оборудования, повысили производительность труда на 20%. [51][52]

Представленные данные являются усредненными, однако, они могут служить основой для расчета экономической эффективности на предприятии АО «Конструктор». Таким образом, имея данные по анализируемой компании (Приложение 5), проведем расчет прогнозных показателей эффективности проекта предприятия за счет мероприятий, направленных на совершенствование системы управления конфигурацией, данные оформим в Приложении 5. Представленный расчет показал, что произойдет сокращение затрат на 10% , в стоимостном выражении затраты снизятся на 189 тыс. руб. и составят 1701 тыс. руб., рис.55. Затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования снизятся на 35,2 тыс. руб. и составят 140,8 тыс. руб., рис.55.

Коэффициент технической готовности оборудования увеличится до 1,0, Показатель фондоотдачи составит 1,02 руб., а это на 0,09 руб. выше показателя 2018г., рис.56.

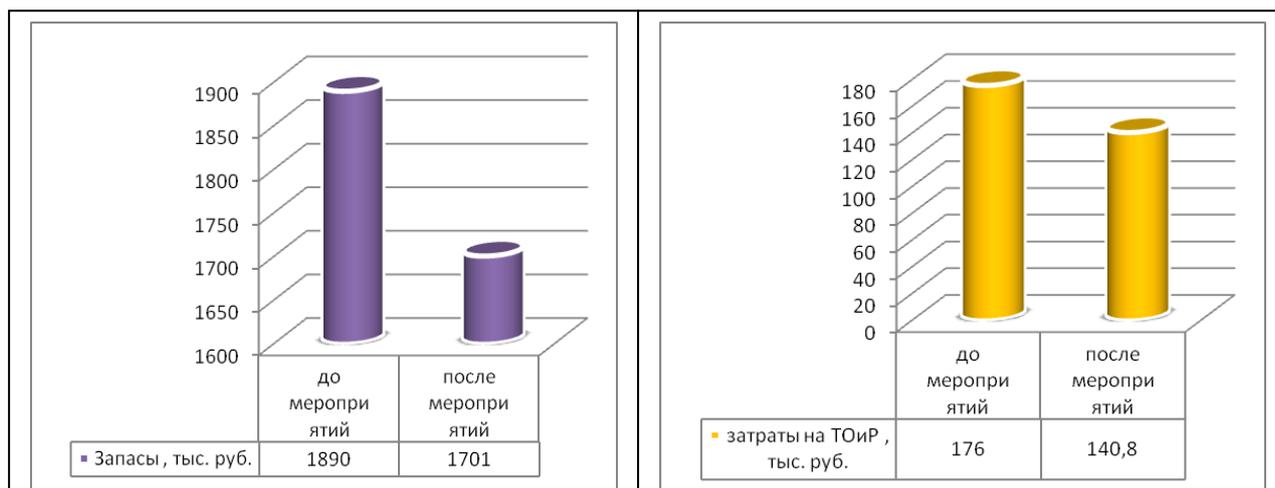


Рисунок 55. Показатели запасов и затрат предприятия АО «Конструктор» после проведения мероприятий

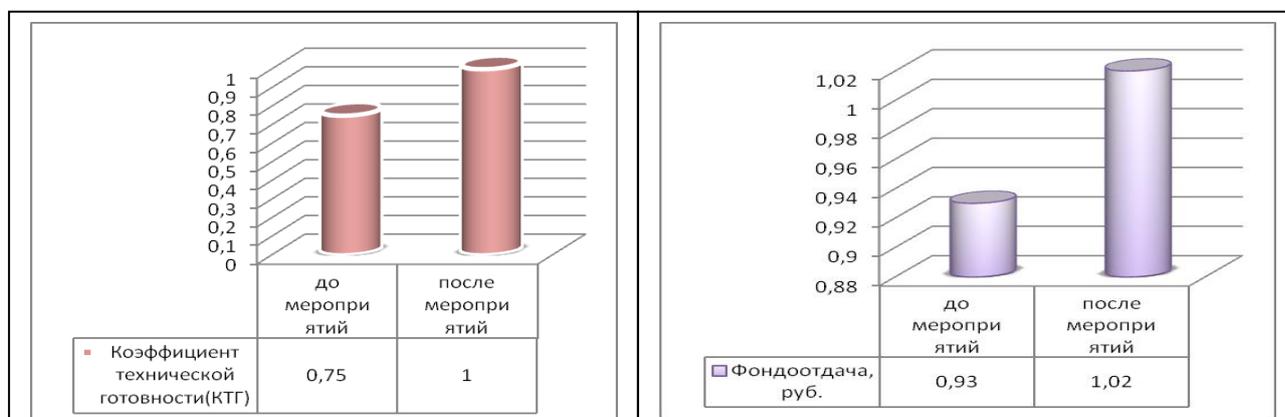


Рисунок 56. Показатели: коэффициент технической готовности оборудования и фондоотдачи предприятия АО «Конструктор» после проведения мероприятий

Показатель производительности имеет возможность увеличиться на 20%, таким образом, составит в плановом периоде 46,39 тыс. руб., рис. 57.

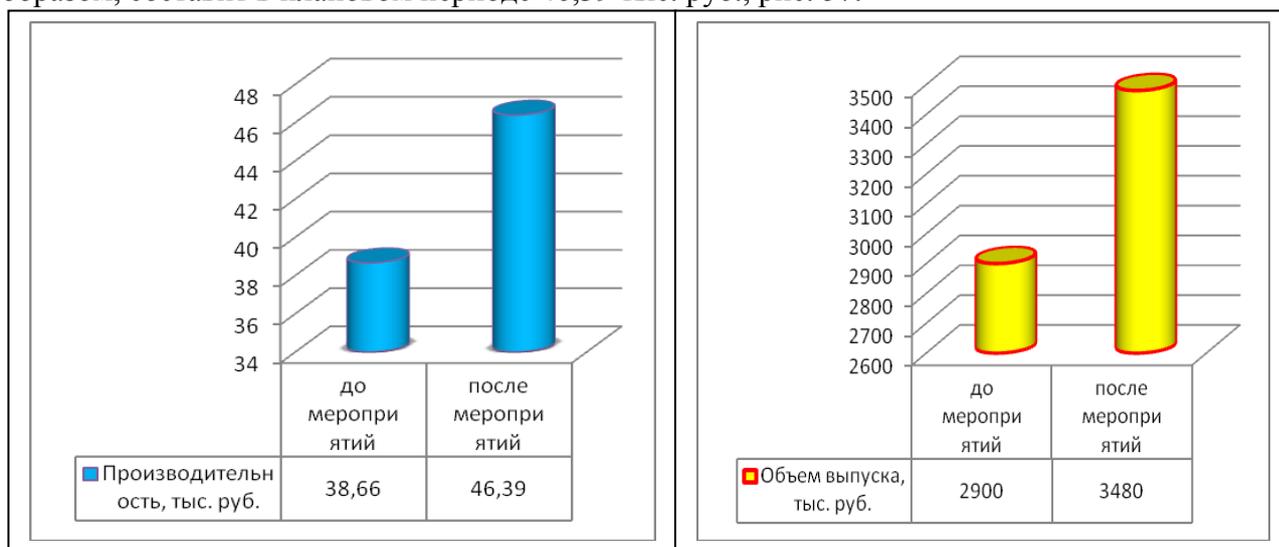


Рисунок 57. Показатель производительности труда предприятия АО «Конструктор» после проведения мероприятий

Итак, выше представленный расчет эффективности проекта совершенствования системы управления конфигурацией на предприятии АО «Конструктор» позволит добиться социальной и экономической эффективности. В частности, ускорение выпуска новой продукции, ускорение процесса обсуждения и принятия решения; значительное сокращение времени на поиск нужного документа; сокращение количества «узких мест» в процессе совместного проектирования; повысятся показатели фондоотдачи, производительности труда, сократятся запасы, снизятся затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, покажет рост коэффициент технической готовности оборудования. Все это положительно повлияет также на показатели прибыли и рентабельности компании АО «Конструктор».

Резюмируя выше изложенное третьей главы исследования можно сделать вывод, что компания АО «Конструктор» работает в различных программных продуктах, однако, для эффективной системы управления конфигурацией является необходимым создание единого информационного пространства и эффективная интеграция PLM-систем. При этом, было выявлено, что успешные компании, интегрируют PLM-системы с более продвинутыми корпоративными приложениями, более продвинутыми инструментами проектирования и поддержки производства, в частности, интегрируют свою PLM-платформу с ERP- и CAD-системами и др. Для выбора наиболее эффективной PLM-системы был изучен рейтинг мировых производителей, при этом, мировым лидером в области разработки программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия на протяжении многих лет является компания Dassault Systèmes. Для малых и средних предприятий Dassault Systèmes предлагает PLM-решение SmarTeam, которое входит в состав бренда ENOVIA и хорошо известно на рынке. Внедрение и интеграция PLM- системы SmarTeam на предприятии АО «Конструктор» позволит получить не только экономическую, но и социальную эффективность. В частности: повышение надежности работы оборудования, снижение рисков отказов, ускорение выпуска новой продукции, ускорение процесса обсуждения и принятия решения; значительное сокращение времени на поиск нужного документа; сокращение количества «узких мест» в процессе совместного проектирования; повысятся показатели фондоотдачи, производительности труда, сократятся запасы, снизятся затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, покажет рост коэффициент технической готовности оборудования. Все это положительно повлияет также на показатели прибыли, рентабельности и финансовой устойчивости компании АО «Конструктор». В целом, более совершенная система управления конфигурацией предприятия, позволит ему занять достойные позиции на занимаемой нише и повысить свою конкурентоспособность. В связи с этим, реализация

предложенного проекта на конструкторском предприятии, является необходимой и требует реализации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление конфигурацией – представляет собой практику системно инженерного менеджмента, которая занимается поддержанием целостности системы на протяжении всего жизненного цикла продукции. Развитие информационных технологий и коммуникационных устройств создало условия для построения производства, ориентированного на выпуск массового и в то же время индивидуализированного продукта. Это легло в основу концепции Industry 4.0. Говоря о внедрении Industry 4.0 стоит обратить внимание на изменения PLM- систем, которые выполняют ключевую роль в процессах разработки, производства и обслуживания продуктов. PLM системы становятся не только центральным репозиторием данных, связанных с продуктом, бизнес процессами, производственными процессами, инструментами для объединения менеджеров и инженеров в единое информационное пространство, но и стратегическим бизнес подходом для создания инновационных продуктов, их разработки и внедрения. В связи с необходимостью производить персонализированный продукт, значительно усложняется процесс контроля за жизненным циклом изделия. Эффективность от внедрения ИТ возможна только тогда, когда формируется такая система организационных мероприятий, при которой в работу вовлечены все участники ЖЦИ.

Объектом исследования в работе является компания АО «Конструктор», которая осуществляет разработку и изготовление конструкторской документации на заказ по широкому спектру изделий в сфере общего машиностроения. Объектами проектирования предприятия АО «Конструктор» являются: конструкторская документация на оборудование; реверс-инжиниринг изделий; разработка чертежей деталей по образцу; проектирование штампов и пресс-форм; технологическая оснастка, нестандартные конструкции и механизмы; нестандартный инструмент; сложные детали и узлы машин, и многое другое. Основными направлениями АО «Конструктор» являются: разработка КД, проектирование изделий из металла, пластика, дерева, в том числе проектирование штампов и оснастки; 3d-сканирование, в том числе восстановление изношенных деталей, сканирование объектов искусства; реверс-инжиниринг, изготовление чертежей по детали в наличии; векторизация чертежей; расчеты нагрузки, в том числе прочностные и тепловые расчеты. Стандарт компании АО «Конструктор» – это гибкость в работе с заказчиком при подготовке и выполнении конструкторской документации. Компания оперативно откликается на все нужды и замечания заказчика, проводит работу в минимальные сроки и предоставляет гарантию на свою работу. Оценка экономических показателей АО «Конструктор» с 2016-

2018гг. свидетельствует о том, что компания является финансово-зависимой, однако имеет прибыли, хотя существует острая необходимость в повышении рентабельности и финансовой устойчивости организации.

Специалисты компании АО «Конструктор» имеют большой опыт работы в следующих программных продуктах: конструкторские программы: Компас 3D, AutoCad, hinkDesign; расчетные программы: ANSYS; программы обработки 3d-моделей: 3ds Max (3D Studio MAX); Geomagic; графические редакторы: Adobe Photoshop; Adobe InDesign; CorelDRAW. Основной программой для проектирования и разработки конструкторской документации является - «Компас 3D». Однако, представленный анализ показал, что данная программа имеет ряд недостатков, часть функций вообще нельзя осуществить с помощью данного продукта. Для выбора наиболее оптимального PLM- решения, был проведен краткий сравнительный анализ программных продуктов, в результате была выбрана программа SolidWorks, которая представляет собой мощный инструмент для 3D моделирования и автоматизированного проектирования сложных изделий различного назначения.

Применение PLM повышает эффективность бизнеса во многих измерениях, включая увеличение доходов, снижение затрат на разработку изделий и уменьшение их себестоимости в целом. Но PLM – это только один из многих компонентов программной экосистемы предприятия. Наибольшую пользу PLM-система может предоставить лишь тогда, когда обеспечивается совместное использование данных и связь рабочих процессов с другим корпоративным ПО. Таким образом, в целом эффективность системы управления конфигурацией на конструкторском предприятии может быть достигнута за счет создания единого информационного пространства.

Для того, чтобы принять правильное решение в совершенствовании системы управления конфигурацией на конструкторском предприятии АО «Конструктор» был изучен опыт успешных компаний по интеграции PLM-платформы с множеством других ИТ- систем. Анализ показал, что лидирующие компании получают преимущества от PLM в результате того, что: они значительно чаще рассматривают PLM- интеграцию как стратегическую задачу; интеграция в передовых компаниях охватывает большее количество инструментов проектирования и корпоративных приложений; они интегрируют PLM-платформу с более продвинутыми инструментами и приложениями; они имеют больше возможностей для осуществления, использования и поддержки PLM- интеграции наиболее гибким и экономически эффективным способом; лидирующим компаниям приходится решать меньше таких оперативных вопросов, как: необходимость поиска информации в разных системах; повторный ввод данных; межсистемная несогласованность данных. Кроме этого, было выявлено,

что менее успешные компании по интеграции PLM-системы чаще всего сталкиваются с проблемами: на этапе внедрения, эксплуатации и поддержки интеграционных решений. Также существуют и риски при автоматизации процессов в организации, основными из них являются: необходимость в частичной или полной реорганизации структуры предприятия; сопротивление сотрудников предприятия; автоматизация не регламентированных бизнес-процессов; необходимость изменения технологии бизнеса в различных аспектах; необходимость в формировании квалифицированной группы внедрения, выбор влиятельного руководителя группы; временное увеличение нагрузки на сотрудников во время внедрения системы. Однако, все эти проблемы и риски легко решаемы в случае эффективного управления и интеграции PLM-системы. Для совершенствования системы управления конфигурацией на предприятии АО «Конструктор» было предложено воспользоваться услугами сторонних организаций, в частности компанией «Би Питрон», которая позволит обеспечить интеграцию PLM-системы, создать единое информационное пространство, обучить сотрудников предприятия АО «Конструктор» для работы в системе, совершенствовать систему управления конфигурацией. В качестве PLM-системы, было выбрано PLM-решение SmarTeam. Инженеры предприятия АО «Конструктор» смогут работать в единой информационной среде, знания и опыт компании будут накапливаться в единой базе данных, и процесс проектирования станет гораздо более управляем и прозрачен с точки зрения внесения изменений, контроля ревизий изделий и их актуальности.

Внедрение и интеграция PLM- системы SmarTeam на предприятии АО «Конструктор» позволит получить не только экономическую, но и социальную эффективность. В частности, ускорение выпуска новой продукции, ускорение процесса обсуждения и принятия решения; значительное сокращение времени на поиск нужного документа; сокращение количества «узких мест» в процессе совместного проектирования; повысятся показатели фондоотдачи, производительности труда, сократятся запасы, снизятся затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, покажет рост коэффициент технической готовности оборудования. Все это положительно повлияет также на показатели прибыли, рентабельности и финансовой устойчивости компании АО «Конструктор». Следовательно, реализация проекта по совершенствованию системы управления конфигурацией на конструкторском предприятии, является целесообразной и требует незамедлительной реализации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конституция Российской Федерации. Принята Всенародным голосованием 12.12.93 г.(с изм. от 21.07.2014г.);
2. Аристов О.В. Управление качеством. Учебное пособие для вузов.- М.: ИНФРА, 2017г.-280с.
3. Анисимов Ю.П. Туровец О.Г., Организация производства на предприятии. Учебник для технических и экономических специальностей. Серия: Экономика и управление. Ростов-на-Дону, Изд-во Март,2017г.
4. Атрашкин А. Интегрированные технологии в промышленности: опыт внедрения в России и за рубежом[Электронная версия] [Ресурс: <https://controlengrussia.com/rynok/integrirrovannye-tehnologii/>];
5. Большаков В., Бочков А., Лячек Ю. Твердотельное моделирование деталей в САД-системах.- Издательский дом «Питер», 2015. - 473 с.
6. Бондарева Т.П., Морозова Н.В., Серегин В.И. Создание чертежа детали из модели AutoCad 2013: учебно-методическое пособие- М. МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2013. - 51с.
7. Бирман Г., Шмидт С. Капиталовложения. Экономический анализ инвестиционных проектов – М.: Юнити-Дана, 2016. – 632 с.
8. Бухгалтерская и статистическая отчетность предприятия АО «Конструктор» за 2016-2018гг.
9. Басовский Л. Е., Басовская Е. Н. Экономическая оценка инвестиций: Учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2018. – 240 с.
10. Внедрение концепции PLM на производственных предприятиях – модная тенденция или необходимость? [Электронная версия]. [Ресурс: <https://sb-vnedr.ru/about/publication/11846/>];
11. Выбираем программу САПР:Inventor или Solidworks [Электронная версия][Ресурс:<http://glavconstructor.ru/articles/programs/inventor-solidworks/>];
12. Волкова Г.Д., Новоселова О.В. Исследование контуров управления машиностроительного предприятия / М.: Издательский центр «Технология машиностроения».– 2010 г. –№3.– с.62-66.
13. Единое информационное пространство[Электронная версия] [Ресурс: <https://vuzru.ru/edinoe-informatsionnoe-prostranstvo-eip/>]

14. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. – СПб: Политехника, 2004. – 152 с.
15. Инновации и технологии SMARTTEAM[Электронная версия] [Ресурс: <https://smarteam.com/preimushhestva-analiticheskie-instrumenty/>];
16. Интегрированные технологии в промышленности: опыт внедрения в России и за рубежом//Control engineering Россия № 4(76), 2018г.
17. Индустрия 4.0 в зеркале интернета вещей: риски выше ожиданий [Электронная версия] [Ресурс: <https://mcs.mail.ru/blog/industria-4-0-v-zerkale-iot/>]
18. Как передовые компании осуществляют, используют и поддерживают PLM-интеграцию Лучшие практики интеграции PLM-платформ с другим ПО. [Jim Brown, президент компании Tech-Clarity]Журнал: Машиностроение и смежные отрасли № 109(2017г.)
19. Колчин А., Сумароков С. Как сделать успешным внедрение PLM[Электронная версия][Ресурс: <https://sapr.ru/article/19121/>];
20. Косолапова, М.В. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности [Электронный ресурс]: учебник / М.В. Косолапова, В.А. Свободин. - Москва: Дашков и Ко, 2016. - 247 с.
21. Кошелев В.В., компания «Би Питрон». Инструментальные средства настройки и адаптации PDM-системы SmarTeam.
22. Липаев В.В. «Документирование и управление конфигурацией программных средств», М., «Синтег», 2012.-203с.
23. Липаев В.В. «Документирование сложных программных средств», М.,» Синтег».2014-200 с.
24. Левин А.И. Методические основы управления конфигурацией. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2017. – 15 с.
25. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288—2005«Информационная технология. Системная инженерии. Процессы жизненного цикла систем»//утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2005г.№ 476-ст.
26. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 10007-2007 «Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурацией»//утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 ноября 2007г. № 302-ст.

27. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» //утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. N 1391-ст).
28. Новицкий Н.И., Олексюк В.Н., Кривенков А.В. Пуровская Е.Э. Управление качеством продукции. Учебное пособие. М. ООО «Новое звание», 2008г. ,366с.
29. Новичков А., Лапыгин Д. Зачем нам нужен план управления конфигурациями? Основные понятия и концепции документа[Электронная версия] [Ресурс: http://cmcons.com/articles/CC_CQ/paln_cm/];
30. Основная концепция Индустрии 4.0 [Электронная версия] [Ресурс:<http://pnevmosalon.ru/news/osnovnaja-koncepcija-industrii-4-0/>];
31. Описание плана управления конфигурацией[Электронная версия] [Ресурс http://cmcons.com/articles/CC_CQ/paln_cm/];
32. Орлик С. Программная инженерия. Конфигурационное управление [Электронная версия] [Ресурс http://www.sorlik.ru/swebok/3-6-software_engineering_configuration_management.pdf];
33. Обзор программы SolidWorks для новичков в 3D моделировании [Электронная версия][Ресурс: <https://yandex.ru/turbo?d=1&text=https%3A%2F%2F3ddevice.com.ua%2Fblog%2F3d-printer-obzor%2F3d-modelirovanie-kiev%2F>];
34. О явных преимуществах SolidWorks перед КОМПАС-3D, а также - об Inventor, SolidEdge [Электронная версия][Ресурс: <http://levin-iscad.blogspot.com/2011/03/solidworks-3d-inventor-solidedge.html>];
35. Обзор Компас 3D [Электронная версия][Ресурс: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2F3ddevice.com.ua%2Fblog%2F3d-printer-obzor%2Fobzor-kompas-3d%2F&d=1>];
36. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник – М.: ФОРУМ: ИНФАРА-М, 2017г.
37. Проектирование конструкторской документации [Электронная версия] [Ресурс: https://vys-tech.ru/razrabotka_konstruktorskoi_documentacii/];
38. Перебатова Е.В. Создание электронной конструкторской документации средств технологического оснащения в PLM-системе Teamcenter // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 1 [Электронная версия]. [Ресурс: <http://web.snauka.ru/issues/2017/01/76272>];

39. Примеры внедрения на российских предприятиях Siemens PLM Software [Электронная версия]. [Ресурс: www.siemens.ru/plm];
40. Полетаев, В. А. Интегрированная система управления качеством изделий машиностроения / В. А. Полетаев, И. В. Чичерин. – Москва: Машиностроение, 2010. – 307 с.
41. Полетаев В.А. Компьютерно-интегрированные производственные системы : учеб. пособие / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2012. – 202 с.
42. Полетаев В.А. Проектирование компьютерно-интегрированных производственных систем / В. А. Полетаев, В. В. Зиновьев, А. Н. Стародубов, И. В. Чичерин. – Москва: Машиностроение, 2011. – 324 с.
43. «Российский PLM для самых сложных изделий создается нами в неразрывной связке с российским ОПК» //журнал Connect № 3,2019г.// Генеральный директор компании «АСКОН» Богданов Максим [Электронная версия] [Ресурс: [https:// connect-wit.ru](https://connect-wit.ru)]
44. PLM система: что это такое, ее схема и стадии жизненного цикла изделия [Электронная версия] [Ресурс:<https://www.zwsoft.ru/stati/plm-sistema-chto-eto-takoe-ee-shema-i-stadii-zhiznennogo-cikla-izdeliya>];
45. Разработка плана управления конфигурацией[Электронная версия]. [Ресурс: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/plan-uk/>]
46. Решения ИНТЕРМЕХ для комплексной автоматизации КТПП[Электронная версия]. [Ресурс: http://www.intermech.ru/art_09112011.htm]
47. PLM-решения: российские продукты и их отличия от западных конкурентов[Электронная версия] [Ресурс: <http://integral-russia.ru/2017/05/10/plm-resheniya-rossijskie-produkty-i-ih-otlichiya-ot-zapadnyh-konkurentov/>];
48. Рухмаков А., Яблочников Е. PDM-система SmartTeam: этапы технической подготовки производства освоены[Электронная версия][Ресурс: <https://sapr.ru/article/6845>]
49. PLM в России: от точечных внедрений – к комплексным проектам. Инновации в промышленности .Март 2012. [Электронная версия] [Ресурс: www.siemens.ru/plm [www.siemens.ru/plm/plm news](http://www.siemens.ru/plm/plm_news)];
50. Россия в цифрах. Статистический ежегодник. 2019г.[Электронная версия][Ресурс] [Ресурс: www.gks.ru];
51. Результаты внедрения SmartEAM на ИНТЕРПАЙП [Электронная версия][Ресурс: <https://smart-eam.com/news/rezultaty-vnedrenija-smarteam-na-interpajp/>]
52. Результаты внедрения SmartEAM на Interpipe [Электронная версия][Ресурс: <https://smart-eam.com/>]

53. Риски при внедрении системы автоматизации[Электронная версия][Ресурс: http://itas.emd.ru/main/secret_2.php];
54. Система для надежной работы оборудования[Электронная версия][Ресурс: <https://smart-eam.com/>];
55. Тороп Д. Н., Терликов В. В. Teamcenter. Начало работы // ДМК – Пресс. – 2011. – С. 215-217.
56. Teamcenter решает важнейшие задачи управления жизненным циклом изделия // САП и графика. – 2013. – №4. – С. 56-57.
57. Терминологический словарь «Информационные технологии под- держки жизненного цикла продукции». Госстандарт России Р 50.1.031-2001
58. Чижов М.И., Бредихин А.В., Ветохин В.В. Методика и особенности использования PDM системы Teamcenter в учебном процессе подготовки инженерных кадров // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2010) труды международной конференции. – 2010. – С. 259-260.
59. Шиловицкий Олег «Рынок PLM в 2018 году: кто кого поглотил и куда летит шайба?» [Электронная версия] [Ресурс: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19814];
60. Элементы единого информационного пространства автоматизированного производства[Электронная версия]. [Ресурс: https://stan-company.ru/press_centр/smi-onas/elementy-edinogo-informatsionnogo-prostranstva-avtomatizirovannogo-proizvodstva/]
61. Яблочников Е.И., Грибовский А.А., Афанасьев М.Я., Куликов Д. Д. Методы и системы ИПИ-технологий. Учебное пособие — СПб: Университет ИТМО, 2017г. — 64 с.
62. Яблочников Е.И, Маслов Ю.В. Автоматизация ТПП в приборостроении / Учебное пособие. – СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2016. – 104 с.
63. Яблочников Е.И, Фомина Ю.Н., Тремба В.Ю. Использование PLM-технологий в проектировании и подготовке промышленного производства. /Региональная информатика-2015 «РИ-2015».

ПРИЛОЖЕНИЯ