

Арзамасский политехнический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»

На правах рукописи



ЖИЛИНА СВЕТЛАНА БОРИСОВНА

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С НЕПРЕРЫВНО
ПОСТУПАЮЩИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В КОНСТРУКТОРСКОЙ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЯХ**

Специальность 05.02.22 – Организация производства
(промышленность и связь)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор
Ямпурин. Н.П.

Казань - 2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИНСТРУМЕНТОВ ИХ ОРГАНИЗАЦИИ	13
1.1 Современные аспекты и тенденции организации производственных процессов на пути построения «Цифрового предприятия». CALS-технологии.	13
1.2 Используемые инструментарии организации информационного обеспечения производства	20
1.3 Обзор и классификация современных САПР и ERP-систем, обмен информацией в ЕИП.....	27
1.4 Информационные и документные потоки, обеспечивающие производственные процессы	37
1.5 Выводы. Цели и задачи исследования	40
ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА И АЛГОРИТМОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДОКУМЕНТОПОТОКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УСКОРЕННОЕ ПРОХОЖДЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО НЕПРЕРЫВНО ПОСТУПАЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ В КД И ТД	42
2.1 Исследование процессного подхода при организации подготовки производства приборостроительного предприятия в ЕИП.	42
2.2 Исследование структуры и анализ характеристик входных производственных потоков документов по изменениям	47
2.2.1 Статистический анализ характеристик входных потоков документов по изменениям	47
2.2.2 Доказательство пуассоновских свойств входного потока документов по изменениям	53
2.3 Разработка метода «Информационная петля» и алгоритмов формирования и согласования производственных электронных документов участниками процесса проведения изменений в конструкторской и технологической документациях	61
2.4 Концептуальная и расчетная модели обеспечения комплектующими производства	76
2.5 Выводы	82
ГЛАВА 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «ИНФОРМАЦИОННАЯ ПЕТЛЯ» И АЛГОРИТМОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОКУМЕНТОПОТОКОВ В СПЕЦИАЛЬНО РАЗРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТАХ	84
3.1 Жизненный цикл производственного документа «Электронная комплектовочная ведомость».....	84
3.1.1 Алгоритм процесса создания/корректировки объектов номенклатуры	85
3.1.2 Алгоритмы процессов формирования различных типов ЭКВ.....	87
3.1.3 Алгоритм и методы проведения изменений в ЭКВ, организация бизнес-процесса их согласования.....	93
3.1.4 Организация работ производственных подразделений и службы снабжения при подготовке сборочного производства с применением электронного производственного документа	95
3.2 Жизненный цикл производственного документа «Электронная материально-расцеховочная ведомость»	103
3.2.1 Организация работ производственных подразделений и службы снабжения при подготовке механического производства с применением электронного производственного документа	103
3.2.2 Организация бизнес-процесса формирования электронной структуры изделия и проведения в ней изменений.....	103
3.2.3 Организация бизнес-процесса согласования технологического процесса и проведения в нем	

изменений.....	111
3.2.4 Алгоритм автоматизированного формирования технологической структуры изделия и проведения в ней изменений.....	116
3.2.5 Применение разработанного документа ЭМРВ в процессе подготовки производства приборостроительного предприятия.....	119
3.3 Оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта при новой организации подготовки производства	120
3.3.1 Оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта от использования производственного документа «Электронная комплектовочная ведомость»	122
3.3.2 Оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта от использования производственного документа «Электронная материально-расцеховочная ведомость».....	123
3.4 Выводы.....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	127
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	129
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	132
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ	145
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 АКТ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	146
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ПРИМЕР ПЕЧАТНОЙ ФОРМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА ЭКВ.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 ПРИМЕР ПЕЧАТНОЙ ФОРМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА ЭМРВ.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы исследования.

Особенностью современного этапа промышленного развития страны является постоянно возрастающий спрос на отечественные изделия приборостроительных предприятий. Удовлетворяя заявки широкого круга потребителей и заказчиков гражданской продукции, выполняя свои обязательства в полном объеме в рамках гособоронзаказа, предприятия постоянно наращивают свой производственный потенциал, ведут техническое перевооружение подразделений в области новейших разработок продукции, в связи с чем, на передний план выходят задачи, нацеленные на решение следующих проблем:

- сокращение сроков и затрат на разработку и освоение продукции;
- рост производительности труда.

Переворужение производственной базы и технологии в области новейших разработок продукции, модернизация оборудования, с одной стороны, уменьшают длительность производственного цикла, повышают производительность труда, что частично решает проблему нехватки основных производственных рабочих. С другой стороны, значительное влияние на решение вышеперечисленных задач оказывает использование информационных технологий в организации производства и управлении всеми процессами предприятия.

Как показывает практика, до настоящего времени для многих предприятий характерна «лоскутная» автоматизация отдельных стадий жизненного цикла изделия. При этом применяются разрозненные типовые «коробочные решения», а также программы, разработанные на самом предприятии, несовместимые между собой по форматам данных, что приводит к дополнительным затратам времени и труда по вводу одной и той же информации вручную несколько раз в разные программы [27,51,71,77].

Для исключения таких потерь времени и труда, на предприятиях осуществляется поэтапный переход на полное информационное обеспечение

стадий жизненного цикла изделий (ЖЦИ) с применением CALS – технологии сквозной поддержки сложной наукоемкой продукции, стандартизации методов и средств описания данных и электронного обмена, основанного на едином цифровом представлении информации и коллективном доступе к ней. При этом значительно сокращаются объёмы проектно-конструкторских работ, так как широко используются многие составные части проектируемых ранее изделий, хранящихся в унифицированных форматах баз данных, доступных пользователю [43,54,98]. Использование CALS-технологий приводит к значительному упрощению выполнения этапов ЖЦИ, обеспечивая повышение качества продукции и, самое главное, повышая производительность труда, «являющуюся важнейшим фактором, который, по словам Президента РФ, предопределяет общую конкурентоспособность экономики, динамику рынков, ускорение роста ВВП, повышение заработной платы» [88].

Технологической средой для CALS-технологий является единое информационное пространство (ЕИП), представляющее собой совокупность единых технических, организационных и методических требований и принципов, оперативно обеспечивающих информацией специалистов различных служб и менеджмент компании [72].

CALS-технологии на производственном предприятии базируются на CAD/CAM/CAE-системах, объединяемых одним общим понятием – системы автоматизированного проектирования. Объединение перечисленных систем, а также PDM-системы в едином конструкторско-технологическом контуре, исходя из поставленных задач перед производственным предприятием, а также его технического и финансового состояния, позволяют создать на предприятии автоматизированную систему проектирования изделий.

Задача ресурсообеспечения выпуска изделия по конструкторской и технологической документации решается в контуре управления производством, относящегося к системе ERP. Идея интеграции информационных сред, основанная на едином цифровом электронном представлении данных, достаточно актуальна и

способна повысить производительность труда и качество продукции, обеспечивая сквозную трансляцию данных от конструктора к технологу и специалистам производственного, планового, снабженческого подразделений. Этим вопросам большое внимание уделяли в своих трудах: Норенков И.П., Ланцов В.Н., Засканов В.Г., Колчин А. Ф., Мизюн В.А., Полянсков Ю.В., Манцеров С.А., Егоров М.М. и др.

С одной стороны, основным трендом последних лет является «изменение ассортимента и качества продукции достаточно быстро и гибко, чтобы удовлетворять требованиям международной конкуренции», – признает почетный профессор Гарвардского университета У. Скиннер [61], при производстве опытной и мелкосерийной продукции, в том числе, в позаказном режиме. Эта новая концепция требует оперативного динамического отражения модификаций и версионности конструкций, проведенных в проектной документации на выпускаемые изделия в производстве.

С другой стороны, в приборостроительном производстве скорость проведения изменений проектной документации на изготавливаемую продукцию является одним из важных драйверов повышения эффективности резко растущих объемов производства. Во-первых, задержки данного процесса могут привести к необратимым для изготавливаемого изделия последствиям, вплоть до снятия выпускаемой единицы продукции с производства, поскольку повторное использование большого количества видов покупных комплектующих изделий (ПКИ) невозможно из-за сложности демонтажа. Во-вторых, сроки годности многих комплектующих изделий незначительно отличаются от сроков годности большей массы выпускаемых приборов и изделий, поэтому во избежании увеличения объемов неликвидных запасов на складах, приборостроительное производство вынуждено работать практически «с колес» [35].

Значительное количество изменений в КД (например, на предприятии приборостроения ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА» их около 3700 в год) объективно обусловлено разными причинами, во-первых, конструктивными изменениями в

изделиях в целях улучшения характеристик, во-вторых, заменами комплектующих и материалов из-за невозможности приобретения конкретного наименования номенклатуры ввиду закрытия некоторых единственных предприятий-поставщиков. В третьих, длительными закупочными процедурами, что обусловлено для ряда предприятий, в том числе ОПК, вводом Федерального Закона №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» от 11.07.2011 года, нестабильностью и увеличением сроков поставок, невозможностью держать большие запасы как в связи с экономической нецелесообразностью, так и в связи с ограниченностью сроков хранения ПКИ до постановки в изделие, и, наконец, в-четвертых, ростом доли комплектации за счет аутсорсинга производства ряда узлов, деталей, блоков на серийных предприятиях, в частности, с использованием схем давальческого сырья.

Особенно актуальна вышеназванная задача в последнее время в связи с ростом доли государственных заказов в общем объеме выпуска продукции производственными предприятиями, когда встает необходимость объективной оценки риска невыполнения планов с учетом имеющихся производственных активов. Усложнилась задача обеспечения производства в части раздельного учета затрат вводом в действие в июне 2015 года Федерального закона №159 «О государственном оборонном заказе» в развитие ФЗ-№275, а также в связи со стратегической линией государства в области политики импортозамещения.

Наряду с непрерывно идущим потоком изменений в конструкторской и технологической документациях, особенностями приборостроительного мелкосерийного производства, в рамках которых проведено исследование, являются:

- широкая номенклатура покупных комплектующих изделий и материалов, включающая в себя десятки тысяч наименований;
- многокомпонентность выпускаемых изделий (сотни наименований);
- многоуровневая входимость в конечные изделия и применяемость;
- параллельное ведение мелкосерийного типа производства и НИОКР с

разным процентным соотношением;

– многообразие сложных технологических процессов.

Таким образом, на основании вышеизложенного, задачи алгоритмизации и автоматизации процессов подготовки производства с учетом непрерывно проводимых замен и изменений в конструкторской и технологической документациях в настоящее время очень актуальны.

Область исследования соответствует п.3 «Разработка методов и средств информатизации и компьютеризации производственных процессов, их документального обеспечения на всех стадиях» и п. 5 «Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем» по паспорту специальности 05.02.22 – Организация производства (по отраслям).

Объект исследования – производственные процессы, взаимодействие участников на стадиях подготовки и сопровождения изготовления изделий мелкосерийного производства приборостроительного предприятия.

Предмет исследования – информационные и документопотоки обеспечения подготовки и сопровождения изготовления изделий мелкосерийного приборостроительного предприятия, методы и программно-инструментальные средства построения эффективной системы организации производственных процессов.

Целью работы является повышение производительности труда при подготовке производства мелкосерийного приборостроительного предприятия с непрерывно поступающими изменениями в конструкторской и технологической документациях.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ организации процессов подготовки производства изделий приборостроительных предприятий с мелкосерийным типом производства, выявить специфические особенности их информационного и документного

обеспечения в условиях непрерывно поступающих изменений в конструкторской и технологической документациях.

2. Разработать и исследовать метод и алгоритмы организации производственных документопотоков с целью повышения эффективности подготовки приборостроительного производства.
3. Разработать алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственной системы на основе автоматизированных бизнес-процессов формирования специально разработанных электронных документов.
4. Разработать модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом документов по изменениям и модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие.
5. Провести практическую апробацию предложенных метода, моделей и алгоритмов, исследовать эффективность их применения в условиях реального производства.

Методы исследования

В работе использованы методы теории информационных систем и обработки данных, массового обслуживания, математической статистики, организации производства; методология создания систем управления предприятием - ERP, построенная на применении процессно-ориентированного подхода и современных информационных технологиях управления организационно-техническими системами.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Исследованы структуры и характеристики производственных документопотоков непрерывного процесса проведения изменений конструкторско-технологической документации, что позволило доказать пуассоновские свойства документопотоков, упрощающие структуру системы управления производством.
2. Разработаны метод «Информационная петля» и алгоритмы интеграции

информационных систем, устанавливающие активные обратные связи между участниками процессов и уменьшающие время подготовки производства мелкосерийного приборостроительного предприятия.

3. Предложены алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственной системы на основе бизнес-процессов автоматизированного формирования специально разработанных электронных документов, отражающих непрерывный процесс ввода изменений в конструкторской и технологической документациях в подготовке производства изделий.
4. Разработаны концептуальная модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом документов по изменениям и математическая модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие, позволившие оптимизировать запасы комплектующих на складах.

Практическая ценность исследования.

Разработанные метод «Информационная петля» и алгоритмы интеграции информационных систем, устанавливающие активные обратные связи между участниками процессов, применимы на приборостроительных предприятиях мелкосерийного типа производства. Предложенные электронные документы отражают в динамике процесс изменений в КД и ТД. Повышена производительность труда, снижена себестоимость изготовления продукции, уменьшено время подготовки производства, оптимизированы запасы комплектующих на складах.

На защиту выносятся:

1. Метод «Информационной петли» и алгоритмы интеграции информационных систем, устанавливающие активные обратные связи между участниками процессов и уменьшающие время подготовки производства мелкосерийного приборостроительного предприятия.
2. Алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственной системы на основе бизнес-процессов

автоматизированного формирования специально разработанных электронных документов, отражающих непрерывный процесс изменений конструкторской и технологической документаций в обеспечении подготовки производства изделий.

3. Концептуальная модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом извещений по изменениям и математическая модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие в зависимости от возможных случаев распределения параметров надежности.

Внедрение результатов исследования.

Предложенные метод и алгоритмы внедрены на приборостроительном предприятии ПАО «АНПП «ТЕМП-АВИА», о чем свидетельствует акт, представленный в Приложении 1. Также результаты диссертации нашли применение в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров в Нижегородском техническом университете им. Р.Е. Алексева (АПИ НГТУ) по направлению «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» (Приложение 2).

Апробация работы

Основные положения и результаты научной работы докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях, симпозиуме, форуме:

1. «XVII международная конференция "ИТ-БИЗНЕС В МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИИ, ТЭК И ХИМИИ", г. Москва, 2014 год.
2. Конференция «Созвездие САПР» г. Москва, 2014 год.
3. «XXI Международная научно-техническая конференция «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» г. Нижний Новгород, 2015 год.
4. XXXXV Всероссийском симпозиуме «Механика и процессы управления», посвященном 70-летию Победы, г. Миасс, 2015 год.
5. IX Всероссийская научно-практическая конференция «Наука молодых» г. Арзамас, 2016 год.

6. V Международная научно-практическая конференция «CALS - технологии в авиастроении: «Системы управления жизненным циклом изделий авиационной техники: актуальные проблемы, исследования, опыт внедрения и перспективы развития», г. Ульяновск, 2016 год.

7. IT-Форум «T-FLEX PLM – 25 лет на предприятиях России» , г. Москва, 2017 год.

Публикации

Результаты диссертации опубликованы в 9 печатных работах, в том числе имеются три публикации в научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ; основные результаты подтверждаются двумя свидетельствами о государственной регистрации программы ЭВМ.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, приложений. Общий объем работы составляет 148 листов машинописного текста, включая 47 рисунков, 10 таблиц, 110 наименований использованных литературных источников.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИНСТРУМЕНТОВ ИХ ОРГАНИЗАЦИИ

1.1 Современные аспекты и тенденции организации производственных процессов на пути построения «Цифрового предприятия». CALS-технологии.

Сфера материального производства претерпевает значимые крупномасштабные перемены, связанные с заменой методов, средств и технологий производства продукции; происходит смена фундаментальных понятий, методов организации изготовления продукции и управления производством. Громоздкое и расточительное индустриальное создание товаров массового употребления стремительно вытесняется новейшей концепцией поточного производства продукции под заказ - концепцией «бережливого производства». Она сплачивает усилия всех работников предприятия от управляющих высшего звена до основных производственных рабочих, соединяя их в единое целое — гибкую производственную интегрированную систему, способную вовремя реагировать на запросы потребителей и заказчиков, повышать производительность труда, увеличивать объемы выпуска продукции на имеющихся производственных площадях при улучшении качества, снижении энергоемкости и себестоимости изготовления изделий [75]. В конечном итоге, подавляющее большинство подходов “бережливого производства” предполагает изменение бизнес-процессов, для чего требуются технические средства [18]. Некоторые принципы, так или иначе пересекающиеся с философией «бережливого производства», возможно реализовать с помощью информационных технологий (ИТ), являющихся ключевым звеном концепции «Цифровое производство» (Digital Manufacturing).

Новые идеи и принципы организации «цифрового производства» и управления полностью противоположны привычным моделям и методам, которые уже крепко укоренились в массовом сознании людей всех областей экономики страны. Изменить ситуацию можно только искоренив прежнюю идеологию

управления промышленным производством, а это возможно только при активной устойчивой позиции со стороны правительства, академической науки и бизнеса [75]. В настоящее время переход к использованию передовых цифровых, интеллектуальных производственных технологий, роботизированных систем, новых материалов и способов конструирования назван в числе приоритетных направлений научно-технологического развития страны на ближайшие 10-15 лет в Указе Президента РФ [102].

У России великие производственные традиции. Индустриализация страны и именно производство, в том числе военной техники, позволило стране выстоять в огромных катаклизмах XX века. Цифровая трансформация производства в XXI веке имеет не меньшее значение [68].

Вектор направления третьей промышленной революции, начавшейся в 60-е годы XXI века, направлен на автоматизацию и повышение эффективности производства и бизнес-процессов, на основе использования информационных технологий (ИТ). Но эта эпоха не заканчивается с автоматизацией последнего производственного процесса, она плавно перерастает в четвертую революцию, получившую название "Индустрия 4.0", где роль ИТ изменилась кардинально: ИТ из обслуживающего подразделения превращаются в основу любого бизнеса. В XXI веке рождаются новые бизнес-модели, способы и методы управления производством, которые уже невозможно представить без ИТ: 3D-принтинг чего угодно — от лопаток турбин до живых органов, робототехника, киберфизические системы, сетевые модели управления вместо иерархических и многое другое [8]. Четвертая промышленная революция предусматривает цифровизацию и интеграцию процессов по вертикали в рамках всей организации, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием [47], т. е. на всех этапах ЖЦИ. Но именно стык этапов проектирования, изготовления и эксплуатации, обеспечение их высокоэффективного взаимодействия является сегодня определяющим фактором в принятии наиболее оптимальных с экономической и технической точек зрения

управленческих решений на производственных предприятиях [46]. Возможность решения перечисленных задач определяется эффективностью действующих на предприятии процессов подготовки производства, в особенности для наукоемких отраслей, таких как электронная, аэрокосмическая, сложное приборостроение и другие [7,12,107].

В настоящее время на приборостроительных предприятиях документы на изделия конструктора уже не чертят карандашом на листе ватмана, а применяют современные системы автоматизированного проектирования (САПР), позволяющие выполнять электрические схемы и чертежи с последующим выводом на плоттер или принтер для печати. Использование САПР на начальном этапе в качестве «кульмана» только для подготовки вывода на печать пакета конструкторских чертежей несомненно ведет к увеличению производительности проектных работ и скорости формирования сопроводительной документации. На следующем этапе использования САПР весь набор конструкторской документации (КД) на изделие составляется, хранится и сопровождается в файловом виде в системе электронного конструкторского документооборота с применением PDM системы. В этом случае спецификация изделия, входящая в состав КД, формируется из файла электронной структуры изделия (ЭСИ), т.е. этот этап характеризуется переходом на безбумажную технологию управления процессами проектирования, изготовления и эксплуатации изделий.

Принятие Федерального Закона №63-ФЗ «Об электронной цифровой подписи» от 06.04.2011 открывает широкие перспективы использования электронного документа для согласования и подписания. С этой целью в 2013 году обновлены следующие Российские стандарты (ЕСКД), касающиеся разработки и хранения конструкторской документации в электронном виде:

ГОСТ 2.001-2013 – Общие положения

ГОСТ 2.102-2013 – Виды и комплектность КД

ГОСТ 2.051-2013 – Электронные документы

ГОСТ 2.053-2013 – Электронная структура изделия

ГОСТ 2.111-2013 – Нормоконтроль

ГОСТ 2.503-2013 – Правила внесения изменений

ГОСТ 2.501-2013 – Правила учёта и хранения

ГОСТ 2.502-2013 – Правила дублирования

ГОСТ 2.601-2013 – Эксплуатационные документы

ГОСТ 2.602-2013 – Ремонтные документы.

Однако ГОСТ РВ 2.902-2005- ЕСКД [25] до сих пор описывает только документооборот на бумажных носителях с авторской подписью. Отсутствие стандартов, описывающих электронное взаимодействие с соисполнителями различного уровня, вызывает определенные трудности ведения и сопровождения ЭСИ на каждом отдельном предприятии и при взаимодействии между предприятиями. Но, поскольку использование актуальной ЭСИ при подготовке производства позволяет снизить затраты по изготовлению продукции, сократить сроки подготовки к выпуску новой продукции и повысить собственную конкурентоспособность [49], предприятия вынуждены организовывать взаимосвязанное параллельное существование бумажного документооборота и электронных структур изделий, которые хранятся в PDM-системе и передаются в ERP.

Передача электронного состава изделий из PDM-системы в ERP осложнена, прежде всего, использованием на предприятии наборов узкоспециализированных программных продуктов от разных компаний разработчиков, не имеющих встроенных средств интеграции.

Отсутствие интеграции в едином комплексе CAD/CAM/CAE/PLM и ERP-системы ведет к большому объему ручного ввода данных в ERP-систему на основе бумажной конструкторской спецификации. Для этой работы требуется привлечение дополнительных ресурсов, кроме того, ручной ввод данных имеет большую вероятность ошибок.

При использовании современных программных продуктов на стадии подготовки конструкторско-технологической документации при проектировании

автоматически формируется структура изделия и затем в ходе работы наполняется необходимой атрибутивной информацией. Интеграция ERP-системы с системами CAD/CAM/CAE/PLM обеспечивает фактическую связь производства с конструкторскими и технологическими подразделениями, исключая повторный ввод информации, что, в итоге, ведет к сокращению времени на подготовку производства продукции [60,63,67]. Одним из ключевых факторов, оказывающих влияние на достижение этих целей является применение информационных технологий – это, прежде всего, устранение рутинных операций и сопряжение информационных и документопотоков в режиме реального времени для полного контроля над жизненным циклом изделия с момента появления потребности до момента его утилизации после использования.

Типовой жизненный цикл изделия включает следующие этапы [22,23]:

1. Обоснование разработки.
2. Разработка технического задания.
3. Проведение опытно-конструкторских работ.
4. Производство, испытания.
5. Модернизация.
6. Использование (эксплуатация), капитальный ремонт.
7. Ликвидация, утилизация.

Около 15 лет назад мнения исследователей, что относится к жизненному циклу изделия, расходились. Чуть позже было введено в практику понятие управление данными об изделии. Впоследствии, использование технологии контроля ЖЦИ, основанного на контроле качества каждой конкретной детали выпускаемой продукции, стало неотъемлемым условием управления производством изделий. Полная информация об изделии сохраняется на протяжении всего ЖЦИ и используется при возникшей необходимости [10,59,103].

В этом случае, в качестве одного из элементов управления производством, можно выделить применение ИТ для организации сквозной цепочки «Конструктор-технолог-производство» на базе электронной 3D-модели с

выполнением инженерных расчетов, написанием и проверкой программ для станков с ЧПУ, что повышает качество и эффективность выполняемых конструктором работ до выхода на станки [11,38,44].

С появлением PLM управление жизненным циклом изделия удалось систематизировать и описать все его этапы и стадии. Создание и поддержка цифровой модели изделия в течение всего срока его службы открывает широкие возможности при управлении ЖЦИ в рамках построения «Цифрового предприятия» [89].

Технологии сопровождения ЖЦИ сводятся к управлению полным объемом информации об изделии и связанными с ним процессами на всем его жизненном цикле, образуя организационно-техническую систему, и рассматривается как совокупность трех функциональных подсистем [26,96]:

- контроль над данными об изделиях: обеспечение корректности, актуальности и доступности данных;
- управление техническими документами: использование электронного архива технической информации для хранения векторных и растровых форматов чертежей и связанных с ними спецификаций и др. технической документации;
- маршрутизация работ и документов в виде рабочих потоков Workflow.

Согласованная работа вышеперечисленных подсистем в рамках ЕИП обеспечивает возможность организации защиты данных, разделение прав доступа к разным данным, маршрутизацию производственного документооборота, тщательное протоколирование всех выполняемых пользователем действий и т.д. [96]. Кроме того, в настоящее время становится все более актуальной организация совместной работы исполнителей над разработкой изделий в ЕИП с совместным использованием информационных источников. В таком контексте под ЕИП понимается объединение баз данных со сведениями об изделиях, технологических процессах изготовления, производственных ресурсах и др. [66].

Стандартная организация управления ЖЦИ в рамках ЕИП – это своеобразный комплекс компьютерных и ручных процессов, а также

организационных мер, которые способны решать поставленные бизнес-задачи и четко взаимодействовать между собой. Главной характерной чертой процесса управления является скорость и место попадания информации в систему для полного и динамичного отражения состояния объекта управления в системе, в том числе производственных процессов [80].

CALS – это технология поддержки инженерной деятельности, которая на всех этапах ЖЦИ использует документацию, полученную на этапе проектирования. Таким образом, автоматизация этапов проектирования и подготовки производства изделий является ключевой функцией CALS-технологии. Согласно ГОСТ 23501.108-85 [21] системы САПР включают в себя следующие составляющие:

CAD – система автоматизированного проектирования;

CAM – система автоматизированной технологической подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ;

CAE – система для решения различных инженерных задач: моделирования, расчётов, анализа и симуляции физических процессов;

CAPP – средства автоматизации проектирования технологических процессов, функционирующие при передаче данных между CAD и CAM-системами;

PDM – организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии и координирующая работу CAE/CAD/CAM-систем.

Эффективность процессов промышленных предприятий, занимающихся проектированием и производством радиоэлектронных изделий зависит от того, насколько целесообразно взаимодействуют между собой САПР в рамках единой производственной системы предприятия и используют различные базы данных [33,34].

1.2 Используемые инструментарии организации информационного обеспечения производства

Значительную роль в развитии современной экономики занимают информационные технологии, становление которых характеризуется следующей динамикой:

- 1960 годы - попытки автоматизации простейших функциональных вычислений;
- 1970 годы - положено начало развитию информационного моделирования и прогнозирования, информационные технологии получили интеллектуальную направленность;
- 1980 годы - области применения информационных технологий значительно расширяются: происходит создание электронных баз данных и локальных сетей;
- 1990 годы - намечено стремление к совместному применению информации в рамках производственных отношений [67,97].

Анализ эволюционного развития автоматизации информационного и интеллектуального труда показал, что интеграционный процесс достаточно сложен и мало регламентирован. Для реализации системного модуля интеграции приходится привлекать нормативные материалы, регламентирующие работы по функционированию, созданию и развитию информационных систем в целом: ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП, ЕСПД и другие.

В 70-х годах XX века начались работы по созданию стандарта для разработки систем управления, следующим был стандарт для разработки систем автоматизации проектирования. Одновременно со стандартами на конструкторскую и технологическую документацию подготавливались нормативы на программную документацию в виде Единой системы программной документации (ЕСПД – 19-я серия), устанавливающей правила разработки, оформления программной документации и т.п.

Стандарты ЕСПД охватывают процесс документирования функциональных

характеристик программы, позволяют менять содержание и структуру исходя из поставленных предприятием требований и носят, в основном, рекомендательный характер. В целом, значительная часть стандартов ЕСПД уже устарела, существует ряд недостатков, препятствующих их использованию в ЕИП:

- ориентация на «каскадную» модель ЖЦ программного продукта;
- отсутствие рекомендаций по документированию внутренних составляющих, оказывающих влияние на качество программного продукта, в частности, экранные меню, справки по работе с программой и т.д.;
- несогласованность с рекомендациями региональных и международных стандартов [70,83].

Дальнейшая стандартизация в области развития автоматизированных систем (АС) привела к формированию единого комплекса нормативных и руководящих документов под названием «Комплекс стандартов на автоматизированные системы» (34-я серия), где введена единая, достаточно качественная определенная терминология и вполне разумная классификация документов, работ и др. ГОСТ 34 направлен на более полную и качественную стыковку разнородных систем, что особенно важно при разработке сложных автоматизированных программных комплексов [83].

Комплекс стандартов ГОСТ 34-серии предусматривает стадии и последовательность выполнения этапов работ по созданию информационных систем управления (ИСУ), но не предусматривает сквозных процессов в явном виде.

Стратегию и этапы создания и эксплуатации ПО, весь ЖЦ ПО от концептуальной модели до завершения ЖЦ охватывает ГОСТ Р ИСО/МЭК12207-2010 [24]. В стандарте даны определения системы и модели ЖЦ, определены требования, позволяющие квалифицировать программный продукт его спецификациям и использованию по целевому назначению [24,83].

В обеспечение интеграции систем для создания и развития цифровых предприятий в основу CALS-технологии положен ряд стандартов [31,79]:

- STEP (Standard for Exchange of Product model data) ISO 10303 – стандарт по обмену данными о продукте - используется для описания ЖЦИ, включая технологические процессы и контроль качества выпускаемой продукции;

- SGML (Standard Generalized Markup Language) ISO 8879 – международный стандарт, регламентирующий отображение в документах графической и текстовой информации, определяющий способ описания структуры и формата документа - регламентирует и формализует правила оформления документов конкретного назначения: реестров, каталогов, бюллетеней и др. Развитием SGML стал формат xml, предназначенный для обмена данными и для электронных коммуникаций [100];

- EDIFACT (Electronic Data Interchange For Administration, Commerce, Transport) ISO 9735- стандарт, определяющий способы обмена документами др.

В качестве основного средства анализа в интеграционном процессе для разработки функциональных моделей рекомендовано использовать методологию и нотацию SADT, регламентированную федеральным стандартом США и официально принятую в России [32,77,90,100]. К числу средств, входящих в инструментарий интеграции ИС, относятся [100]:

- автоматизированные системы конструкторского и технологического проектирования (CAE/CAD/CAM);

- программные средства управления данными об изделиях (PDM);

- автоматизированные системы планирования и управления производством и предприятием (MRP/ERP);

- программные средства управления потоками работ, построением бизнес-процессов;

- методология и программные средства, используемые при моделировании и анализе процессов (SADT) и др.

Этапы проведения работ в рамках ЖЦ ИСУ определяются по согласованию заказчика и разработчика. В стандарте [24] совокупность стадий ЖЦИ ИСУ представлена в следующем виде: концепция, разработка, производство,

применение по назначению, поддержка и прекращение применения. Согласно [2,3,13,82], в настоящее время в процессе разработки ИСУ используются три основные стратегии ЖЦ: каскадная, инкрементная, спиральная.

Каскадная стратегия (Рисунок 1.2.1) или классическая модель характеризуется линейной поэтапной последовательностью создания ИСУ,

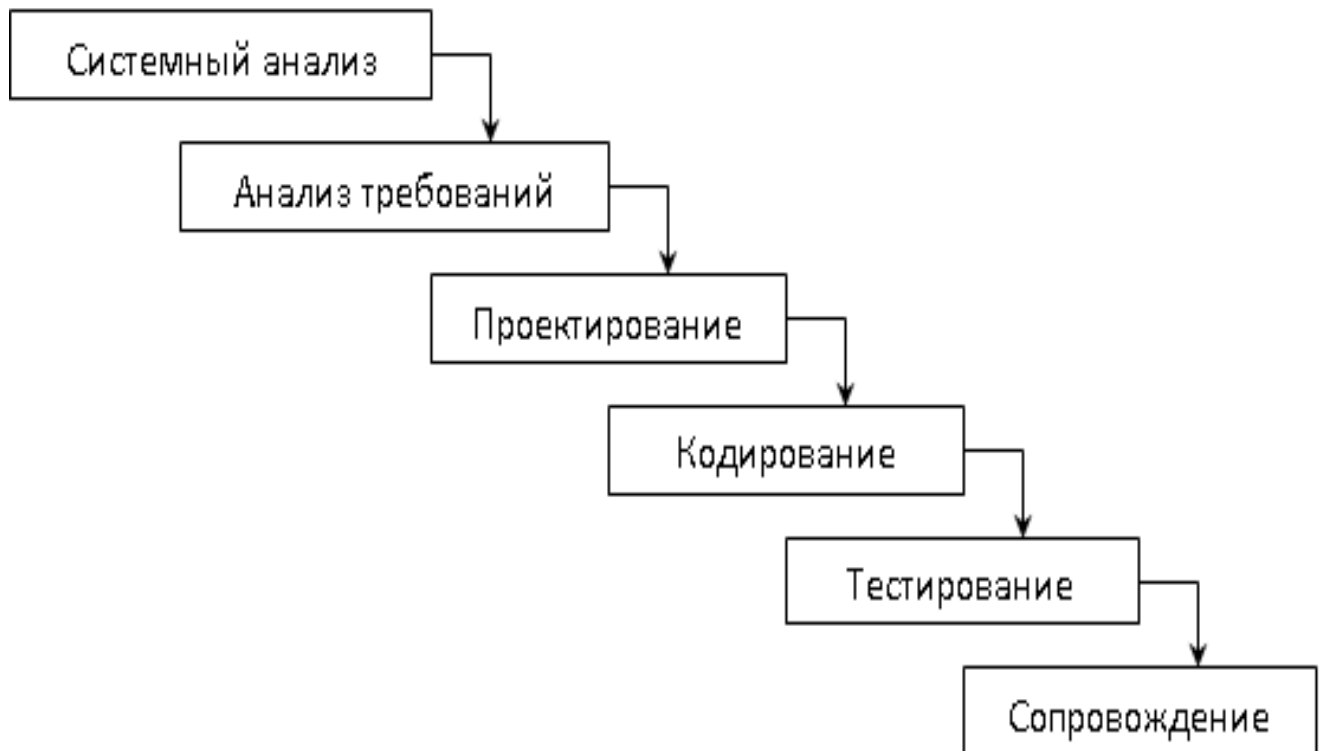


Рисунок 1.2.1 Каскадная модель ЖЦ

при этом переход с одной стадии на следующую происходит только после того, как будет полностью завершена работа над предыдущей, т.е. имеется существенное запаздывание с получением результата [58]. По Вендрову А.М. [13] при использовании каскадной стратегии модели информационные функциональные требования к автоматизируемому объекту могут устареть одновременно с их утверждением.

Разновидностью каскадной модели является V-образная модель, обладающая теми же недостатками, но имеющая некоторые преимущества, включающие в себя внесение итерационных циклов для разрешения изменений в требованиях

заказчика за рамками выполняемого этапа. Применить данную модель, как и каскадную, при разработке ИСУ можно только в случае точно и полно сформулированного ТЗ на начальном этапе.

При использовании инкрементной стратегии (increment, англ. – увеличение, приращение) разработка информационной системы происходит с линейной последовательностью стадий, но в несколько версий, т.е. с запланированным улучшением продукта [3] при незначительно меняющихся требованиях технического задания (Рисунок 1.2.2).

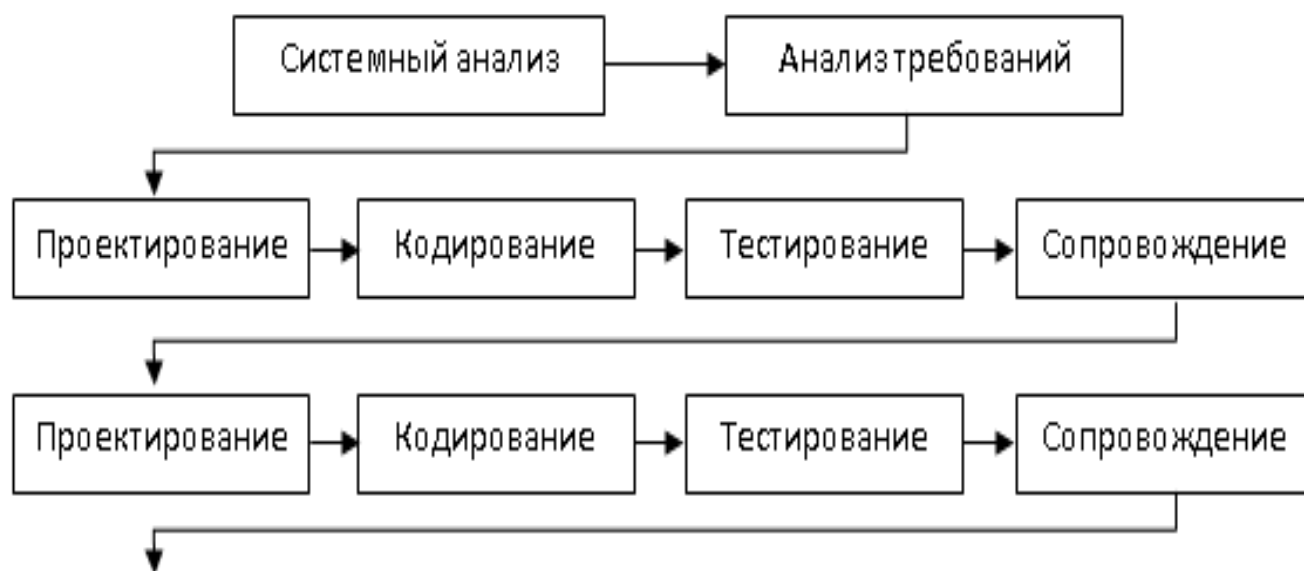


Рисунок 1.2.2 Инкрементная модель ЖЦ

В начале работы над проектом фиксируются все основные требования к разрабатываемой системе, после чего последовательно ведется разработка в виде нескольких этапов, каждый из которых завершается законченным и работоспособным продуктом. Поэтапная реализация запланированных возможностей постепенно приведет к реализации полной системы.

Инкрементная модель ЖЦ используется при разработке сложных систем с четко определенным конечным результатом. Основное отличие стратегии от классической состоит в том, что заказчик может увидеть определенные результаты уже после первой версии и скорректировать требования к разработке, либо отказаться от нее. В [104] Брукс отмечает преимущества модели - поскольку на

каждом шаге мы имеем работающую систему, то можно:

- раньше начать тестирование пользователями;
- управлять сроками разработки в соответствии с бюджетом, полностью защищая от перерасхода времени/средств, возможно, за счет снижения функциональности.

Спиральная стратегия или итерационная модель (Рисунок 1.2.3), автором которой является Барри Бозм, 1988 г. [3], подразумевает последовательное создание версий ПО, при этом на каждом витке спирали уточняются требования, определяется его качество и планируются работы последующего витка спирали. В результате подобных действий конкретизируются детали проекта и выбирается обоснованный вариант, который приводит к реализации полной системы. Спиральная модель используется при разработке нетиповых, новых систем и наиболее применима при интеграции нескольких систем.

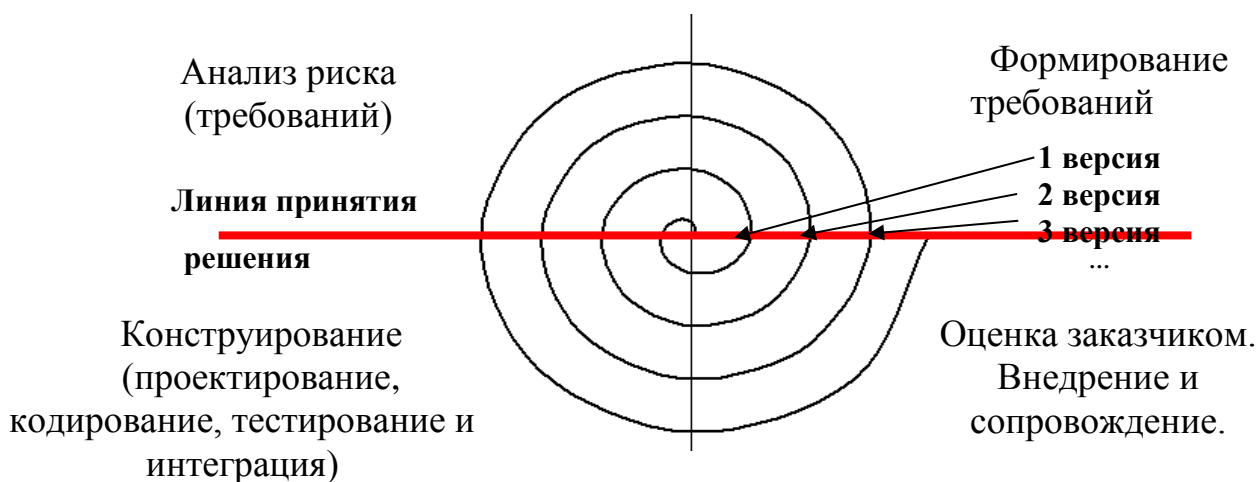


Рисунок 1.2.3 Спиральная модель ЖЦ

Из сведенных в таблицу 1 основных особенностей применяемых моделей ЖЦ можно видеть, что их применение зависит от специфики разрабатываемой системы, сроков, отведенных на разработку, наличия четко и полно сформулированных требований с учетом возможностей заказчика и разработчика.

Помимо рассмотренных базовых моделей ЖЦ, существует еще модель быстрой разработки приложений RAD (Rapid Application Development). RAD-

модель обеспечивает эстремально короткий цикл разработки. Несмотря на широкую ее популярность среди программистов в настоящее время, технология модели, рассчитанная на использование компонентно ориентированного конструирования, оправдывает себя только в случае наличия значительных людских ресурсов разработчиков для распараллеливания декомпозированных на отдельные модули задач при последующей интеграции в единую систему.

Таблица 1 – Сравнение моделей жизненного цикла

Модель (Стратегия)	Характеристика проекта	Длительность проекта	Изменение требований по мере развития проекта
Каскадная	Типовой: ресурсов заказчика и разработчика хватает для реализации проекта в сжатые сроки	До года	Нет
Инкрементная	Типовой: ресурсов заказчика или разработчика не хватает для реализации проекта в сжатые сроки	Разработка одной версии может занимать срок от нескольких недель до года.	Незначительное
Спиральная	Нетиповой: Новаторский для разработчика		Да

Рассмотренные базовые модели ориентированы на создание ИСУ с нуля, но могут быть использованы и при построении интегрированной автоматизированной системы, поскольку в настоящее время актуальны задачи именно системной интеграции двух и более разнородных программных средств промышленного назначения, каждое из которых частично или полностью закрывает определенные этапы жизненного цикла изготовления изделий на предприятии. Производится постепенная поэтапная адаптация промышленных систем под задачи предприятия, а часто бывает, что на предприятии присутствует «островная» автоматизация, например, когда автоматизирована работа конструкторов, а технологи используют бумажную документацию, в другой системе автоматизированы складские

операции и бухгалтерский учет и т.д. Впоследствии эти разрозненные блоки можно использовать в рамках построения единой информационной системы, позволяющей охватить все этапы ЖЦИ, используя, например, спиральную модель жизненного цикла ИСУ.

Создание новой системы требует как значительных материальных вложений, так и глобальных организационно-технических процессных перестроек, вплоть до остановки производства предприятия на 2-3 месяца, что для многих организаций неприемлемо. Поэтому интеграция разрозненных промышленных программных продуктов на текущий момент является довольно сложной задачей, особенно для приборостроительных предприятий, имеющих в своем арсенале различные САПР и АСУП, а также для тех, которые стоят перед выбором приобретения того или иного программного продукта.

Таким образом, основой системной интеграции служат модели ЖЦ ИСУ, входящие в состав интегрируемых продуктов, и модели, базирующиеся на системном подходе и информационно-технически увязанные между собой в направлении решения задач конкретного приборостроительного предприятия.

1.3 Обзор и классификация современных САПР и ERP-систем, обмен информацией в ЕИП

Согласно ГОСТ 23501.0-79, САПР – это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования [20], представляющая собой инструмент для решения определенных задач, её выбор зависит от рода деятельности предприятия. В каждой отрасли применяются свои базовые САПР, например, в строительстве чаще всего используются AutoCAD, т.к. 2D-решений при проектировании строительных конструкций вполне достаточно. В более наукоемких отраслях, таких как машиностроение, приборостроение, безусловно, предприятия используют трехмерные САПР, что позволяет значительно сократить сроки проектирования и подготовки производства, а

следовательно, и ускорить выход продукта на рынок и расширить номенклатуру изготавливаемых изделий [63]. В статье [44] с участием автора приведена методика оценки изготовления детали на базе плоскостной обработки и сквозного применения 3D-технологий, а также перевода с универсального станка на станок с ЧПУ. В итоге, повышена эффективность изготовления детали, значительно сокращено время подготовки и разработки управляющей программы, а время изготовления детали уменьшилось в разы, что положительно сказалось на увеличении загрузки станков с ЧПУ и снизило загрузку универсального оборудования в механических цехах.

В настоящее время существует следующая классификация САПР [31]:

I класс – Тяжелые САПР (CAD/CAE/CAM). Представителями этого класса являются: Unigraphics NX от компании EDS, CATIA от французской фирмы Dassault Systems и IBM, ProEngineer от Parametric Technology Corporation. Главная особенность этих мощных САПР – обширные функциональные возможности, значительная производительность и стабильность работы, что стало результатом их долгого развития. Эти системы в основном используют свои стандарты хранения данных, имея в составе набор конверторов для передачи моделей в другое ПО.

II класс – Средние САПР (CAD/CAE/CAM). Представителями этого класса считаются SolidWorks + Cosmos / VisualNastran от компаний SW и MSC, Компас 3D + Вертикаль от компании АСКОН, T-Flex от компании Топ Системы. Историческую роль в становлении систем среднего класса сыграли два так называемых ядра твердотельного параметрического моделирования ACIS и Parasolid, которые появились в начале 1990-х гг. и сейчас используются в большинстве САПР. Геометрическое ядро предназначено для точного математического представления и управления трехмерной моделью изделия. Полученные с его помощью геометрические данные используются системами CAD/CAE/CAM для разработки элементов, изделий и сборок.

III класс – Легкие САПР (CAD). Представители этого класса: AutoCAD от

компания Autodesk, Компас Lite от компании АСКОН. Программы этой категории САПР служат для черчения и используются в качестве электронной чертежной доски. Некоторые из них пополнились трехмерными возможностями, но обычно не обладают средствами параметрического моделирования, характерными для тяжелых и средних САПР [31].

Ряд САПР имеют встроенные или интегрированные системы управления данными об изделии и управление проектами с рядом особенностей. В частности, управление разработкой изделия в САПР Teamcenter компании Siemens PLM Software позволяет конструкторам работать, находясь в рамках территориально-распределенной среды с возможностью фиксировать и синхронизировать проектные данные по изделию, а также автоматизировать процессы внесения технических изменений и согласования.

Другая ведущая САПР в области систем управления проектами Windchill компании PTC ориентирована на следующие задачи: управление проектными данными; управление конфигурациями объектов и внесение в них изменений. На решение подобных задач настроены системы, разработанные зарубежными фирмами (IBM/Dassault Systemes; UGS PLM Solutions) и отечественными разработчиками (CSoft; SolidWorks-Russia (SWR); АСКОН; «Люция Софт»; НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика»; «Топ Системы») [3,4,24].

Выбор САПР CAD/CAE/CAM необходимо осуществлять после детального анализа задач, не только текущих, но и будущих, имея четкую стратегию развития предприятия, взаимодействия с другими информационными системами, накопленного на предприятии опыта. Плюсы и минусы есть и у отечественных, и у зарубежных САПР, в частности, зарубежные системы намного дороже (по данным [62]: 2000-3000 \$/за лицензию против 300-1200 \$/за отечественную лицензию), у них отсутствует интеграция с российскими конструкторскими и технологическими САПР, имеется сложность в поиске технических специалистов для поддержки систем, сложность кастомизации, и опасение, особенно, предприятий ОПК, в части наложения санкций. Однако, зарубежные САПР имеют меньшее количество

программных ошибок вследствие более тщательного тестирования в противоположность большинству отечественных разработок. Плюсом отечественных систем является поддержка российских стандартов, эти системы проще при внедрении и сопровождении, имеют более широкий спектр интеграционных средств как с различными САПР-системами, так и с ERP, но слабее по функциональным возможностям [62].

Для управления процессами предприятия применяются различные автоматизированные системы управления (АСУ), которые, в свою очередь, условно делятся на автоматизированные системы управления предприятием (АСУП) - охватывают уровни от предприятия в целом до цеха; и автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) — от цеха и ниже (на уровне цеха могут быть использованы средства и АСУП, и АСУТП).

В АСУП выделены подсистемы:

1. Планирование (прогнозирование).
2. Учет, контроль, анализ.
3. Координация (регулирование) по всем направлениям производственной, хозяйственной и финансовой деятельности предприятий [66].

Существуют разновидности АСУП со своими англоязычными названиями. Наиболее общие системы, реализующие перечисленные выше функции, относят к ERP-системам [66], которые по своим функциональным возможностям делятся на две группы: средние и крупные. К средним интегрированным российским системам относятся БОСС (Ай Ти), Галактика (фирма «Галактика»), Парус (фирма «Парус»), 1С: Предприятие (фирма «1С»), NS2000 (фирма «Никос-Софт»), Флагман (фирма «ИНФОСОФТ»), ALFA (Информконтакт), ABACUS Financial (фирма Омега), БЭСТ-ПРО (Интеллект-Сервис) и др.

К крупным интегрированным системам относятся функционально развитые, сложные и очень дорогостоящие системы западных производителей, в которых полностью реализованы стандарты MRP, ERP. Примеры: «SAP» фирмы «R/3

(Accelerated Solutions)», «BAAN» фирмы «Baan Midmarcet Solutions», MFG/PRO (представитель - BMS), «PeopleSoft» фирмы «PeopleSoft Select», SyteLine (представитель – «Сокап») [50,73,81]. Зарубежные информационные системы, такие как R/3 фирмы SAP, Oracle Applications фирмы Oracle, включают в себя значительно больше подсистем, нацеленных на оптимизацию управления корпорацией или фирмой на базе мировых стандартов [50]. Однако, по сведениям [93] стоимость проекта по внедрению систем класса SAP R/3, Baan для крупных предприятий составляет от 500 тыс. долларов. Для средних предприятий (с числом работников 100 – 1000 человек и годовым оборотом в 5 – 10 млн. долларов) проект будет стоить 50 – 250 тыс. долларов.

В [93] упомянуты наиболее распространенные на отечественном рынке российские и западные системы, которые по тем или иным признакам можно отнести к ERP-системам.

Среди лидеров российских производителей по разработке и внедрению информационных систем управления являются корпорации «1С», «Парус», «Галактика», предлагающие своим клиентам широкий спектр современных решений по управлению производственными и торговыми предприятиями различных форм собственности.

Коренным образом стала меняться ситуация рынка ERP в последние годы: главная причина – санкции и политика импортозамещения, ставшие основным драйвером роста интереса к российским ИТ-разработкам, прежде всего, госкорпораций и предприятий ОПК, поскольку велики риски в области информационной безопасности. И с финансовой точки зрения российские системы намного дешевле при внедрении и сопровождении [52,94]. По исследованию [99] на ноябрь 2015 года Фирме «1С» принадлежит лидирующее место на рынке отечественных ERP как в финансовом выражении, так и по количеству внедрений.

На рисунке 1.3.1 по данным [52] представлены доли рынка, занимаемые основными поставщиками ERP-систем в России. Последние годы почти половину рынка занимает компания SAP, но очень быстрыми темпами растет доля «1С».

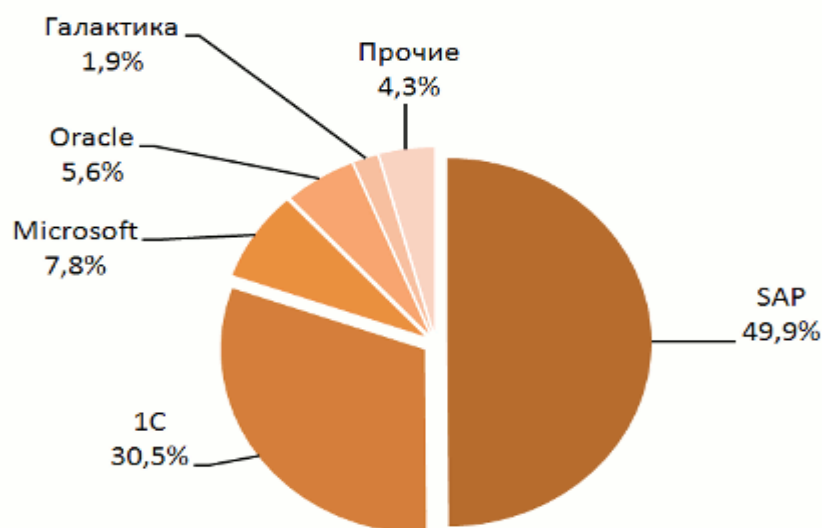


Рисунок 1.3.1 Доля производителей ERP-систем, 2013 г. (Источник: IDC)

В последние годы вектор развития современных САПР направлен на «сращивание» с PDM–системами управления данными об изделиях. Системы PDM первоначально появились как приложение к «тяжелым» САПР в начале 90-х годов [64] и решали задачи обеспечения группы проектировщиков. К середине 90-х расширение функциональности PDM привело их к включению в информационный контур производственного процесса, что потребовало проведения интеграции с ERP-системами.

Основные усилия разработчиков программных продуктов в области проектирования сложных технических объектов направлены на объединение процессов разработки и управления проектированием – развитие технологии PLM, объединяющей средства и методы управления ЖЦИ. Ключевой функцией PLM-систем является обеспечение взаимодействия автоматизированных систем отдельных предприятий, то есть технологии PLM лежат в основе интеграции информационного пространства, в котором функционируют САПР, ERP, PDM и другие автоматизированные системы [29, 78].

В частности, предложенное ООО "ПРО Текнолоджиз" [48] решение по интеграции PLM Windchill (PTC, США) и ERP системы обеспечивает

однаправленную передачу данных о составе изделия и его технологии изготовления. Упрощенная схема интеграции систем в этом случае представлена на рисунке 1.3.2.

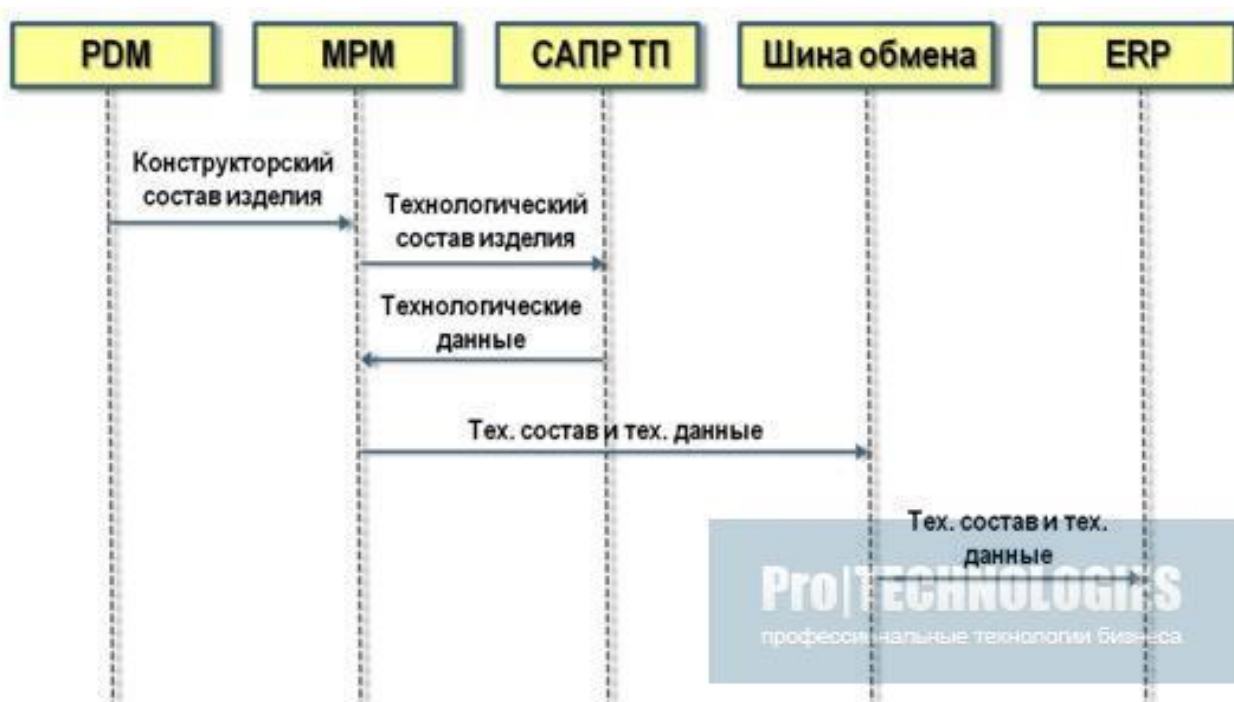


Рисунок 1.3.2 Упрощенная схема интеграции систем: MPM - моделирование и анализ производства изделия

Основные особенности представленного решения:

- вид информационного обмена: технологический состав изделия, технологический процесс изготовления;
- направление обмена данными: PDM Windchill - ERP;
- обеспечение настройки решения: через настройки конфигурации, без внесения программных изменений в код.

Положительные моменты: невысокая стоимость приобретения, возможность проведения обновлений, не сложная установка, доступное сопровождение [48].

Однако по данным, предоставленным в [76], стоимость PDM Windchill - 4 тыс. \$/рабочее место, при этом на предприятии рабочих мест десятки, а то и сотни.

Стоимость модуля сопряжения Windchill с BAAN составляет около 250 тыс. \$, но функциональные особенности решения нацелены на координацию организационной деятельности различных подразделений при отсутствии в системе блока проектирования изделий и технологической подготовки производства. Вводимая информация недостаточна для конструкторской деятельности: минимальная справочная информация по ДСЕ (детале-сборочная единица) и составу изделия в пределах двух десятков полей. По методологии - это типичная система электронного технического документооборота, слабо подходящая на роль первичного звена CALS, т.е. в качестве САПР.

Еще одна комплексная интеграция представлена ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» на 4-ой конференции «Информационные технологии на службе ОПК России» (26-29 мая 2015, г. Казань) [55] в докладе «Импортонезависимая инжиниринговая платформа «Цифровое предприятие» – основа создания промышленного продукта с новым качеством». Этот крупномасштабный проект по созданию типовой информационной системы ядерного оружейного комплекса (ТИС ЯОК) реализован на российских программных продуктах, покрывающих весь ЖЦИ. В частности, линейка САПР – программы компании «АСКОН», а линейка ERP-программа «Альфа», схема взаимодействия подсистем представлена на рисунке 1.3.3.

При этом, как сообщается в [74], следующим этапом станет тиражирование решения на другие предприятия ОПК страны. Имеющаяся система PLM создана на базе российской технологии, интегрирована с системой управления предприятием и производством, разделена по периметрам «Служебного использования» и «Гостайны», решение полностью удовлетворяет требованиям импортонезависимости. Созданная система имеет специфику ядерно-оружейного комплекса [67], может быть избыточной для многих предприятий ОПК, имеющих отличную от ядерной отраслевую направленность, в частности для приборостроения. Кроме того, гособоронзаказ не является единственным источником заказов, и предприятия выпускают всё больше продукции двойного или гражданского назначения, хотя требования по срокам выполнения

гособоронзаказа ужесточаются, а количество заказов не уменьшается в связи с политикой государства в области обеспечения обороноспособности и экспорта вооружений [101].



Рисунок 1.3.3 Интеграция систем ТИС ЯОК [14]

Кроме того, на многих предприятиях ОПК имеется значительный задел по внедрению систем контуров САПР и ERP российского производства, а это не только огромные вложенные средства в приобретение программного обеспечения, в его внедрении большое значение имеет человеческий ресурс, его способность работать с автоматизированной системой, которая должна помогать ему в реализации накопленного им опыта при ежедневном пользовании. Глубокие методологические и организационные производственные изменения на предприятии всегда сопровождаются определенным психологическим барьером, поэтому переход на другую систему должен быть обоснованным и взвешенным.

Процессное управление производственными данными на предприятиях осложнено разнородными источниками данных, не связанными между собой едиными механизмами. Задача решается интеграцией в ЕИП двух контуров:

конструкторско-технологического и производственного, как основы построения «Цифрового предприятия».

Немаловажным аспектом выбора технологии интеграции является тот факт, что на предприятии, чаще всего, используются PDM-системы и ERP разных вендоров, не имеющих интеграционных инструментов и согласованных форматов обмена данными [1,85,108]. В зависимости от предъявляемых требований к информационным системам и начальных условий, отличаются методы интеграции гетерогенных данных, которые делятся на физические и семантические [110].

Кашников А. и Лядова Л. в [57] предлагают решение вопроса физической гетерогенности с использованием стандартов взаимодействия (ODBC, OLE DB, ADO.NET). Преимущество универсальности механизмов состоит в возможности применения стандартных методов доступа к различным типам источников с модификацией приложений при смене СУБД. Но универсальность подхода уменьшает возможности использования уникальных функций конкретной СУБД, снижает скорость доступа к данным. В области семантической гетерогенности, несмотря на многочисленные исследования и проведенные разработки прототипов реляционных языков (MSQL, IDEAL), стандарта на настоящий момент не появилось [37,91].

В гетерогенной среде управления данными вводится понятие единого пространства данных, которое должно обеспечивать необходимой информацией конкретное предприятие, независимо от формата представления и места хранения этой информации с протоколированными связями между репозиториями данных [109].

Имеющиеся концептуальные подходы и стандарты, применяемые при интеграции информационных сред подробно описаны, например, И.С.Решетниковым в [92], А.А. Вичуговой в [14]. Авторы рассматривают несколько групп интеграции: на уровне унифицированной модели данных, на базе единой системы нормативно-справочной информации (НСИ), сервис-ориентированного подхода, интеграция на уровне обмена документами,

сообщениями. Применение того или иного подхода к интеграции имеющихся информационных контуров обусловлено рядом производственных и технических факторов, сложившихся на момент интеграции, и их формализации в рамках первоначально формируемой концептуальной модели ЕИП [5,86].

1.4 Информационные и документные потоки, обеспечивающие производственные процессы

Вышеперечисленные инструментарии и интеграционные ресурсы направлены на обеспечение производственных процессов предприятия необходимой информацией в бумажном или электронном видах. Производственные этапы движения материальных ценностей неразрывно связаны с документооборотом, отражающим их стоимостную оценку в бухгалтерском учете, а также количественную в управленческом учете: как в «горизонтальном» направлении между производственными и снабженческими подразделениями, так в «вертикальном» – для обеспечения необходимой информацией руководителей разного уровня для принятия управленческих решений.

Главное правило любого документооборота - движение документов по оптимальному пути с кратчайшими временными затратами и минимальной трудоемкостью [30].

В ходе проведенных исследований информационного обеспечения приборостроительного предприятия при производстве опытной и мелкосерийной продукции выявлено «узкое место» по оперативности динамического отражения версионности и модификаций изменений, проведенных в конструкторской и технологической документациях на выпускаемые изделия, на производственный процесс. Изменения проводятся несколькими конструкторами и технологами одновременно, приходится учитывать заимствование и применяемость, необходимость проведения/не проведения изменений в уже запущенных изделиях и др., все это образует длинные цепочки согласований, в том числе встречных,

порождающих запаздывание в обеспечении производства необходимыми комплектующими, что в итоге, срывает сроки отгрузки продукции покупателям и заказчикам. Немаловажной проблемой является и тот факт, что сроки годности большей части ПКИ незначительно отличаются от сроков эксплуатации приборов, в которых они применяются, и неиспользуемые вовремя комплектующие попадают в неликвидные запасы, увеличивая складские остатки, поэтому необходимо разработать математическую модель расчета срока хранения комплектующих до постановки в изделие с последующей ее реализацией в виде алгоритма.

В ходе исследования выявлено, что применяемые в приборостроении замены комплектующих носят сложный комплексный характер, в частности:

<p>объект "X" в количестве x совместно с объектом "Y" в количестве y совместно с ... (без ограничений) заменяется на объект "Z" в количестве z совместно с объектом "T" в количестве t совместно с ... (без ограничений) или ... (без ограничений).</p>

Аналогично реализуются и простые замены, являющиеся частным случаем комплексной, например, наиболее часто встречается замена [35]:

<p>объект "X" в количестве x заменяется на объект "Y" в количестве y или объект "Z" в количестве z или ... (без ограничений)</p>

Проводимые замены являются согласованными изменениями конструкторской документации и составляют часть общего документопотока извещений.

Таким образом, для решения задачи алгоритмизации и автоматизации процессов подготовки производства, необходимо провести анализ характеристик и свойств входных потоков документов и информации, а также методов их обработки и организации, используя элементы теории массового обслуживания. В ходе исследования выявлено, что производственные документопотоки разделены по двум направлениям: механическому и сборочному производствам, каждое из которых можно представить как одноканальную систему массового обслуживания (СМО) с неограниченной очередью при простейшем потоке документов.

Возможные состояния системы:

S_0 – канал свободен («0» заявок в очереди);

S_1 – канал занят («0» заявок в очереди);

S_2 – канал занят («1» заявка в очереди);

.....

S_n – канал занят («n-1» заявка в очереди).

Граф состояний системы представлен на рисунке 1.4.1:

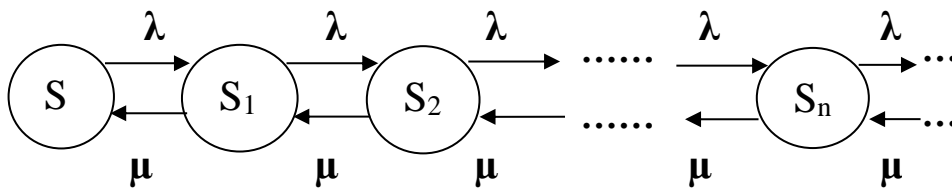


Рисунок 1.4.1 Граф состояний СМО документных потоков

где λ – интенсивность потока документов – среднее число документов, поступающих в СМО в единицу времени,

μ – интенсивность обслуживания – величина, обратная среднему времени обслуживания одного документа.

Анализ характеристик информационных и документных потоков оказывает влияние на применение метода организации сквозных процессов информационного обеспечения подготовки приборостроительного производства при непрерывно поступающих изменениях в проектной документации с целью сокращения времени их прохождения, а также повышения качества внесения изменений путем снижения влияния человеческого фактора.

1.5 Выводы. Цели и задачи исследования

Таким образом, в основе «Цифрового» приборостроительного предприятия с мелкосерийным и единичным типом производства лежит трансформация научных принципов организации и управления, а самое главное, методов и средств подготовки производства изделий на основе системного сквозного проектирования в связке «Конструктор-технолог-производство». Именно эта область наименее формализована в приборостроительном производстве из-за существующих особенностей, в частности, не сформулирована идея организации сквозных процессов информационного обеспечения производства с учетом непрерывно поступающих изменений конструкторской и технологической документаций, обусловленных многочисленными внутренними и внешними экономическими и политическими факторами. Отсутствие алгоритмов, сокращающих время обработки и повышающих оперативность прохождения документов по изменениям, обусловило актуальность темы исследования и стало определяющим при постановке цели и задач диссертационного исследования.

Целью работы является повышение производительности труда при подготовке производства мелкосерийного приборостроительного предприятия с непрерывно поступающими изменениями в конструкторской и технологической документациях.

Задачи исследования. Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Провести анализ организации процессов подготовки производства изделий приборостроительных предприятий с мелкосерийным типом производства, выявить специфические особенности их информационного и документного обеспечения в условиях непрерывно поступающих изменений в конструкторской и технологической документациях.
2. Разработать и исследовать метод и алгоритмы организации производственных документопотоков с целью повышения эффективности подготовки приборостроительного производства.
3. Разработать алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственной системы на основе автоматизированных бизнес-процессов формирования специально разработанных электронных документов.
4. Разработать модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом документов по изменениям и модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие.
5. Провести практическую апробацию предложенных метода, моделей и алгоритмов, исследовать эффективность их применения в условиях реального производства.

ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА И АЛГОРИТМОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДОКУМЕНТОПОТОКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УСКОРЕННОЕ ПРОХОЖДЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВО НЕПРЕРЫВНО ПОСТУПАЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ В КД И ТД

2.1 Исследование процессного подхода при организации подготовки производства приборостроительного предприятия в ЕИП.

Системы управления производством относятся к сложным системам, имеют иерархическую, многоуровневую структуру: уровень предприятия, цеха, производственного участка, оборудования и т. д. В итоге, модель управления производством, включая планирование и диспетчеризацию изготовления изделий в значительной мере обуславливается широким спектром особенностей внутренней организации производства каждого предприятия. Как отмечено в [6], при многоступенчатой детализации предприятий в виде совокупности объектов, возникает задача описания взаимосвязей производственно-транспортных, технологических и др. процессов, а также дальнейшего инжиниринга текущих бизнес-процессов.

Для решения выше поставленной задачи в рамках поэтапного построения «Цифрового предприятия», как единой системы, существующей научной и методологической основы информационного обеспечения подготовки производства недостаточно из-за имеющихся исключительных особенностей производственных процессов приборостроительной отрасли [8,16,18,29,47 и др.].

Производственная система, как и любая сложная техническая система, находится в динамике, постоянно меняя свое состояние. Процессный подход, во-первых, обеспечивает «сквозное» управление всеми видами действий, совершаемых в организации, переходя от описания конкретной деятельности подразделения в виде Положения об отделах, цехах, должностных инструкций к полностью формализованному описанию взаимодействия подразделений-

участников того или иного бизнес-процесса в виде Стандарта предприятия. Во-вторых, вектор управления производством смещается от «вертикального» - от руководителя подразделения - к «горизонтальному» - подразделению, принимающему результат выполнения процесса. Процесс характеризуется следующими артефактами:

Входной поток – это материалы, продукты, комплектующие, информация, над которыми выполняется действие процессом для создания выходного потока.

Выходной поток – итог воздействия процесса на входной поток.

Владелец процесса – лицо, ответственное за реализацию процесса в целом и наделенное полномочиями для обеспечения взаимодействия с поставщиком входного и с потребителем выходного потоков [17].

Составляющими процесса являются:

- функции (действия участников процесса);
- ресурсы (нетрудовые, используемые при выполнении процесса);
- документы и данные (преобразуемые из входного потока в выходной, а также ресурсы, регламентирующие действия участников - ГОСТы, ОСТы и пр.);
- участники процесса (персонал);
- материалы/продукты (преобразуемые из входного потока в выходной).

В основе построения «Цифрового предприятия» находятся все стадии ЖЦИ, представленные в виде диаграммы IDEF0 на рисунке 2.1.1, с наименее формализованными процессами А2-А3 на рисунке 2.1.2.



Рисунок 2.1.1 Модель ЖЦИ

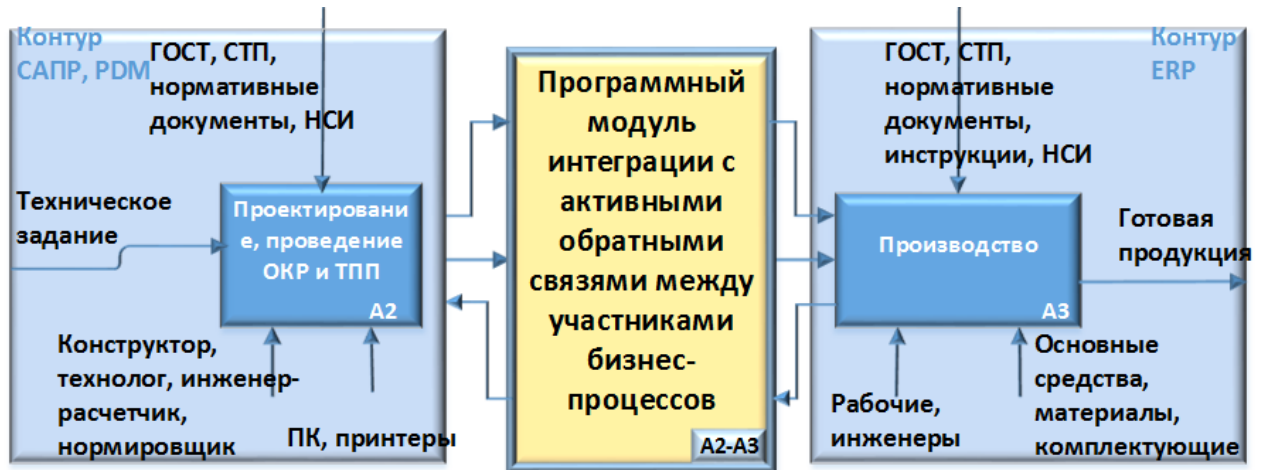


Рисунок 2.1.2 Процессная модель А2-А3

Применение автором процессного подхода при обработке исключительных ситуаций, которыми являются непрерывно поступающие изменения конструкторской и технологической документаций при подготовке мелкосерийного производства в соответствии с наделенными правами доступа к документам, электронной подписью, статусом и функциональными обязанностями каждого участника процесса согласования при реализации алгоритмов проведения изменений на основе модели А2-А3, распространяется на следующие крупные процессы ЖЦИ:

- конструкторское проектирование, разработка 3D-моделей, конечно-элементный анализ конструкций и подготовка пакета КД, включая взаимодействия участников процесса;
- проектирование технологических процессов, трудовое и материальное нормирование операций технологической подготовки производства, определение межцеховых технологических маршрутов, разработка технологической документации;
- подготовка производства, обеспечение производства изделий.

В ЕИП предприятия вышеперечисленные процессы представлены функциональной моделью, показанной на рисунке 2.1.3.



Рисунок 2.1.3 Функциональная модель ЕИП

Проведенные исследования составляющих процесса подготовки производства приборостроительного предприятия с мелкосерийным типом производства, структурного взаимодействия подразделений и документооборота, позволили сделать вывод, что помимо конструкторской документации и технологических процессов на изготовление изделий в работе производственных подразделений и служб снабжения присутствует многочисленная информация, связанная с обеспечением как подготовки производства, так и самим

изготовлением изделий. Во время разработки технологи часто меняют конструкторский состав под технологический процесс изготовления узлов и деталей, доля изменений достигает 10–20%. Поскольку планирование производства опирается на маршруты изготовления, то в этом случае, возникают нестыковки с обеспечением материалами и изготовлением узлов и деталей [37,39,49].

Конструкторская спецификация и технологические процессы являются первичными для производства и их перенос в производственную систему можно осуществить разными способами:

- «ночными» переносами из системы PDM;
- ручным вводом специально обученным персоналом;
- автоматизированным переносом из системы PDM «по требованию» и др.

При анализе процессов подготовки производства изделий выявлены общие принципы сбора информации внутри процессов механического и сборочного производств, при различиях между ними следующего характера:

– разные размеры партий запуска, обусловленные длительностями изготовления деталей и изделий, перенастройками станков, отличиями некоторых изделий только составом комплектующих при одинаковых механических деталях, присутствие в партии механических деталей образца-свидетеля и др.;

- особенности снабжения материалами и комплектующими;
- различные формы оплаты труда основных производственных рабочих и др.

Проводимые изменения в документациях группируются по механическому и сборочному направлениям по следующим признакам:

- изменения ведомости покупных комплектующих изделий без изменения конструктива изделия;
- изменения ПКИ с изменением конструктива изделий (с изменением ТП или без его изменения);
- изменение конструктива изделия без изменения состава ПКИ и ТП;

- изменение конструктива изделия без изменения состава ПКИ, но с изменением ТП;
- изменение ТП без изменения конструктива.

Соответственно, по вышеперечисленным характеристикам логично рассмотреть организационные и информационные процессы обеспечения подготовки производства в разрезе двух потоков: механического и сборочного производств, для каждого из которых предложены алгоритмы сбора информации в единые специально разработанные производственные электронные документы.

2.2 Исследование структуры и анализ характеристик входных производственных потоков документов по изменениям

Для дальнейшей разработки алгоритмов организации информационного обеспечения подготовки производства проведено исследование входных потоков документов по изменениям в двух направлениях: механического и сборочного производств. Сбор статистики проводился вручную по имеющимся журналам регистрации документов по изменениям с последующей обработкой и анализом их с помощью электронных таблиц Excel.

2.2.1 Статистический анализ характеристик входных потоков документов по изменениям

Характеристики входного потока изменений корректно рассмотреть в разрезе года, месяца и декад месяца в соответствии с аналогичным разрезом контроля выполнения плана производственного предприятия.

Характеристики входного потока изменений по сборочному производству в течение года приведены на рисунках 2.2.1.1 и 2.2.1.2.

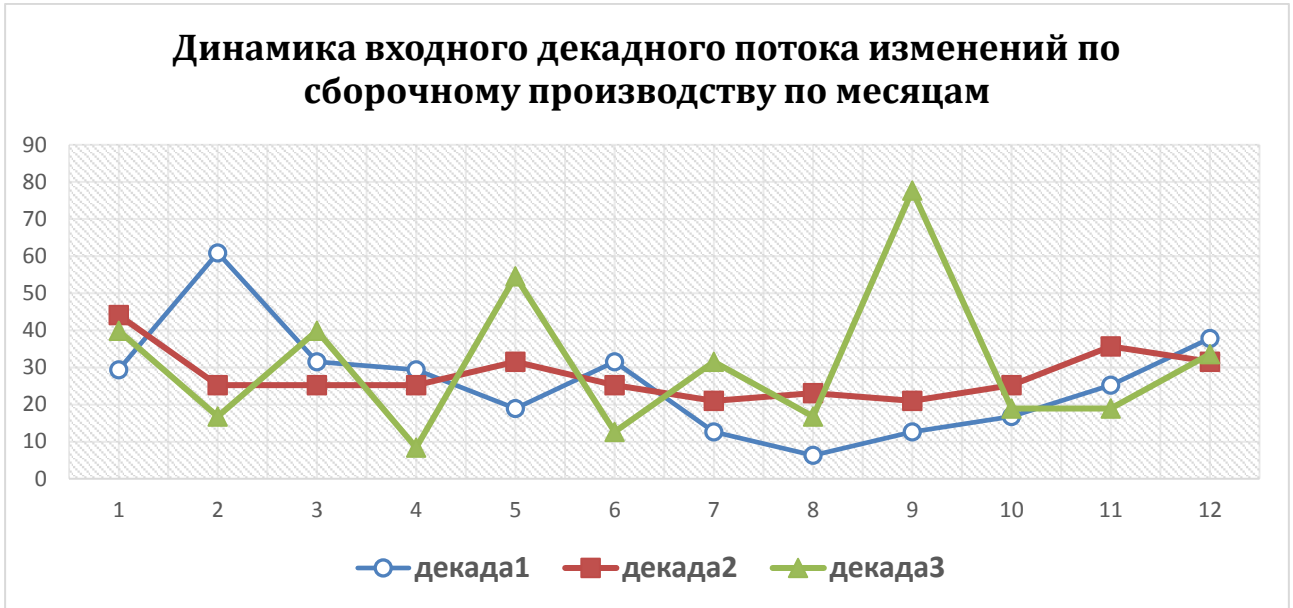


Рисунок 2.2.1.1

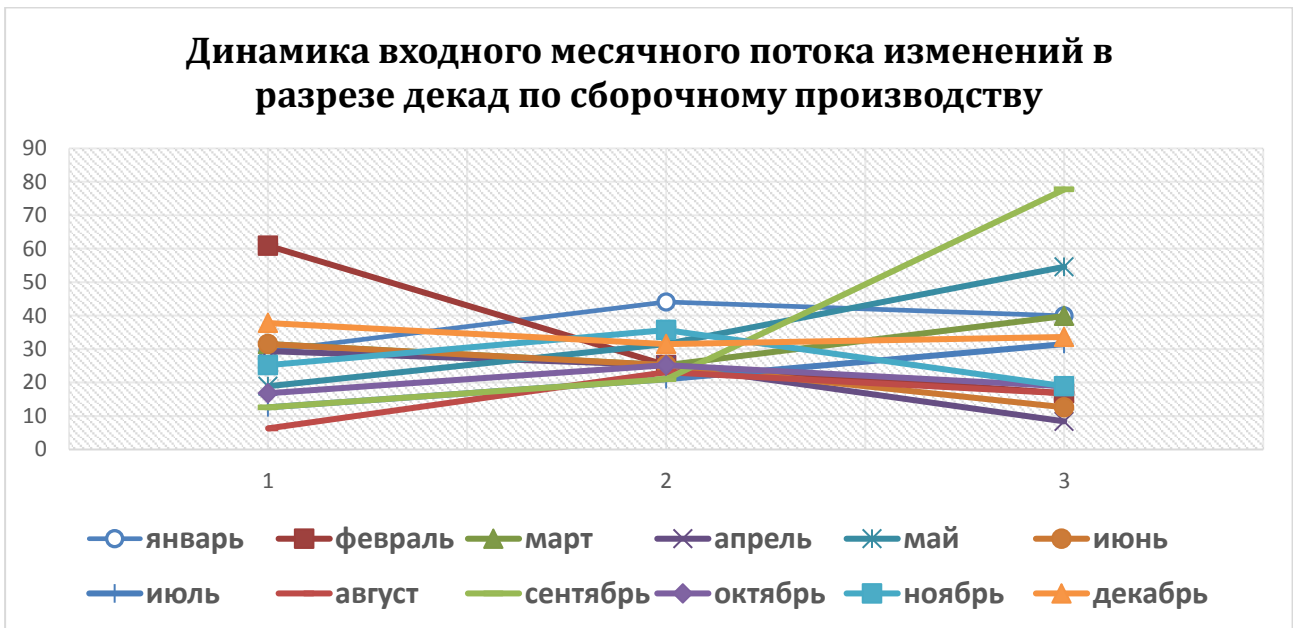


Рисунок 2.2.1.2

Аналогичные характеристики входного потока изменений по механическому производству в течение года приведены на рисунках 2.2.1.3, 2.2.1.4:

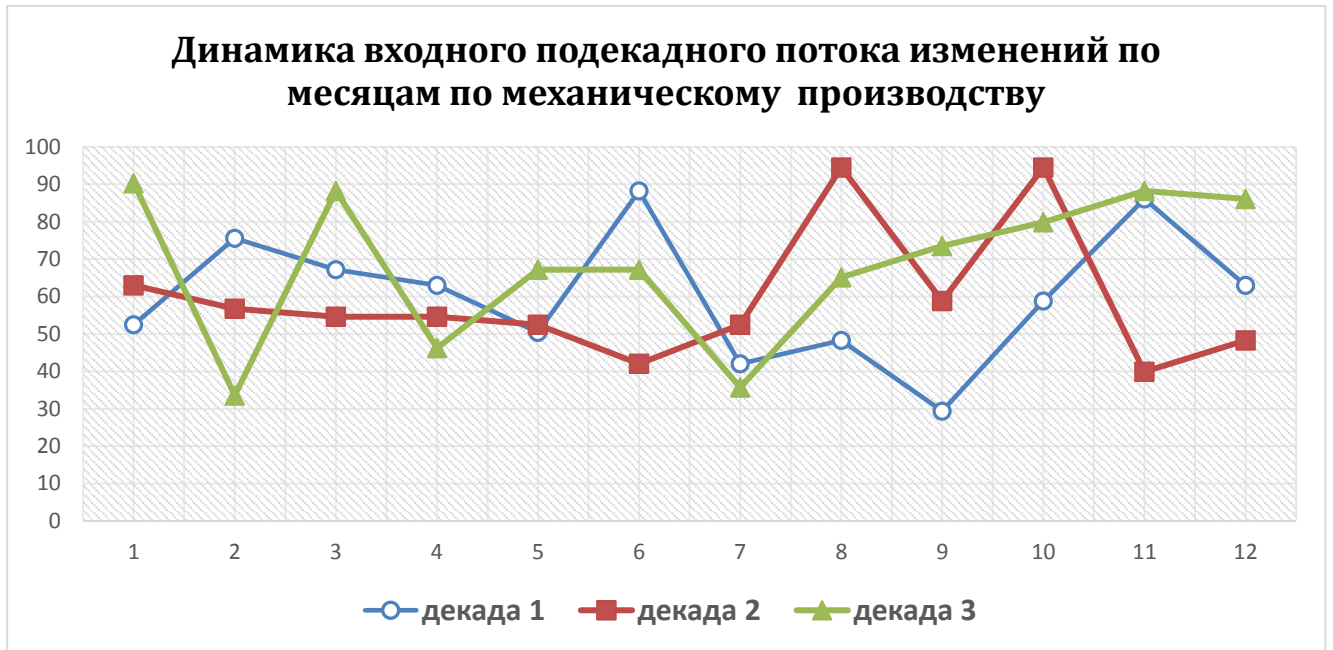


Рисунок 2.2.1.3

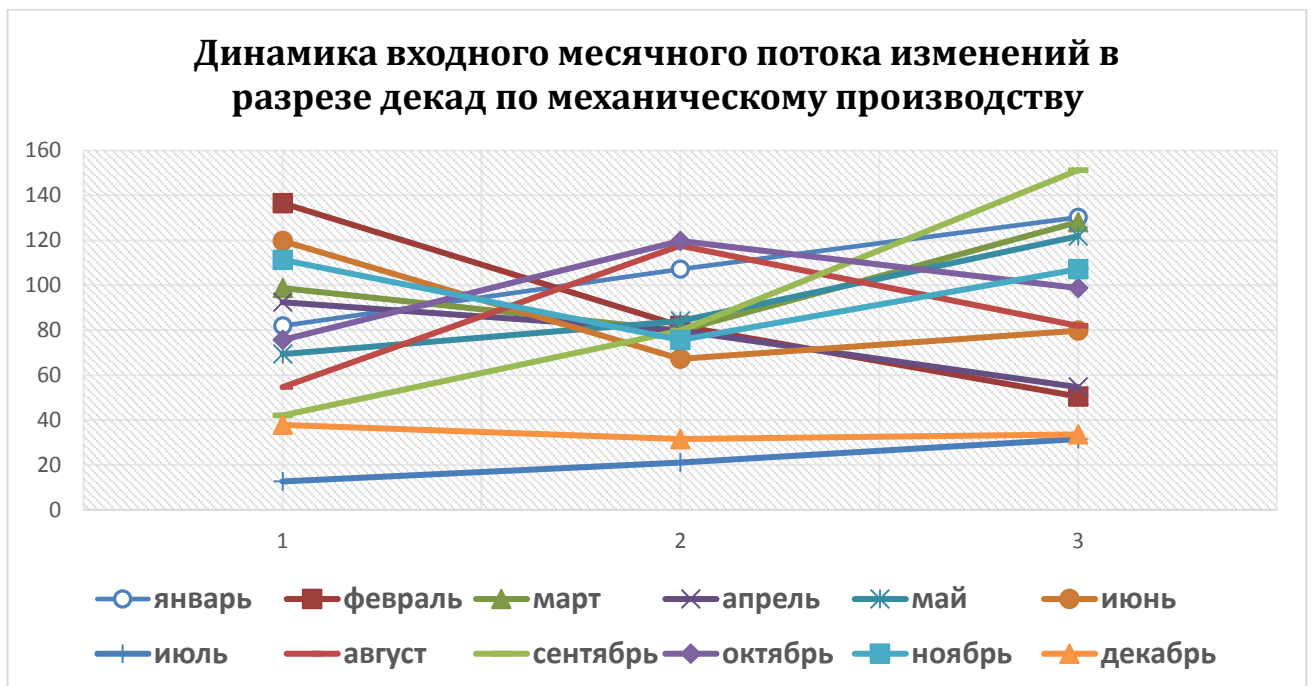


Рисунок 2.2.1.4

Распределение долей входящего потока изменений по сборочному производству, приходящих на отдельные месяцы, приведено на рисунке 2.2.1.5,

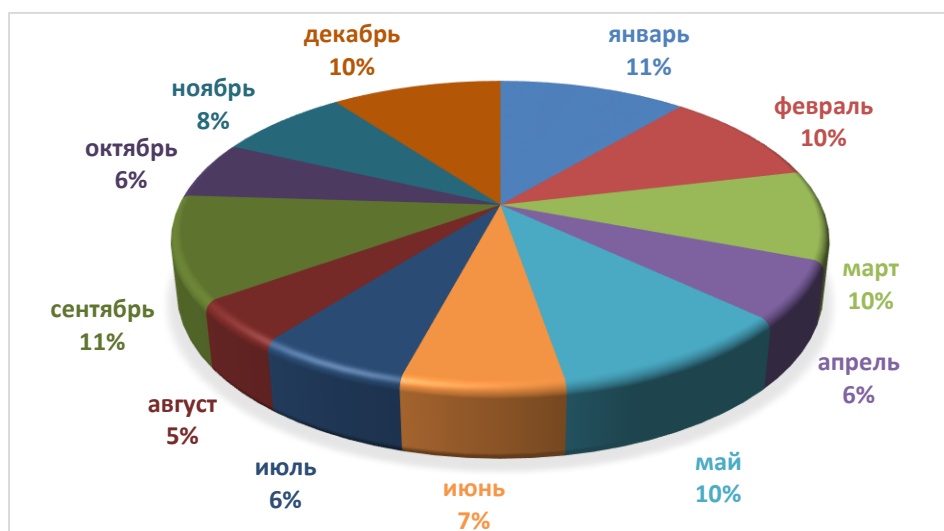


Рисунок 2.2.1.5

откуда видно, что наибольшее количество изменений попадает на январь, сентябрь, а наименьшее - август, в остальные периоды распределение более равномерно.

Распределение долей входящего потока изменений по сборочному производству, приходящихся на декады, приведено на рисунке 2.2.1.6, откуда видно, что наибольшая нагрузка попадает на третью декаду.



Рисунок 2.2.1.6

Аналогичное сравнение для изменений по механическому производству, приходящиеся на отдельные месяцы, приведено на рисунке 2.2.1.7.

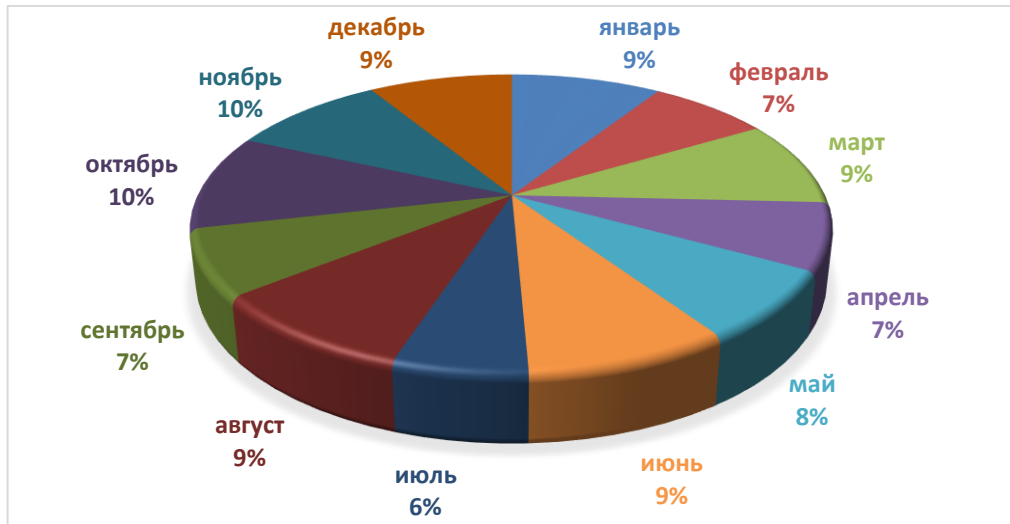


Рисунок 2.2.1.7

Наибольшее количество изменений попадает на октябрь, ноябрь, а наименьшее - июль, возможно, это связано с периодом отпусков, в остальные периоды распределение по-прежнему равномерно.

Распределение долей входящего потока изменений по механическому производству, приходящихся на декады, приведено на рисунке 2.2.1.8.



Рисунок 2.2.1.8

Наибольшая загрузка попадает на третью декаду, остальное равномерно. Теперь рассмотрим объединенные входящие потоки, приходящиеся на отдельные месяцы (рисунок 2.2.1.9).

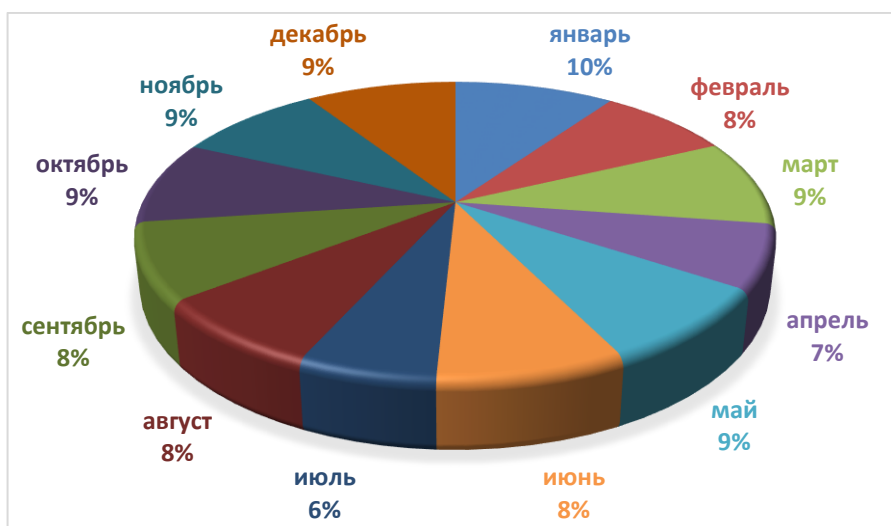


Рисунок 2.2.1.9

Наибольшее количество изменений попадает на январь, а наименьшее - июль, возможно, это связано с периодом отпусков, в остальные периоды распределение по-прежнему равномерно.

Распределение долей объединенного входящего потока изменений, приходящихся на декады, приведено на рисунке 2.2.1.10.



Рисунок 2.2.1.10

Наибольшая загрузка вновь попадает на третью декаду, остальное - равномерно.

Все эти оценки позволяют считать потоки изменений сборочного и механического производства, а также объединенный поток пуассоновским и,

строгое обоснование последнего вывода приведено далее.

2.2.2 Доказательство пуассоновских свойств входного потока документов по изменениям

Покажем, что поток документов по изменениям, пришедшим в механические и сборочные цеха, является случайным пуассоновским потоком в сети массового обслуживания, моделирующей организацию производственного процесса.

Очевидно, что для моделирования процесса поступления документов в производство можно выбрать однородный поток документов, поскольку этот процесс может быть представлен в виде пакета двоичных данных, то есть события, происходящие в системе, могут считаться однородными. Вместе с тем, входной поток без потери общности можно считать случайным, потому что нельзя сказать заранее с какой интенсивностью и временным промежутком будут идти документы.

Проверим, обладает ли поток входящих в производство документов по изменениям, свойствами, характерными для пуассоновского потока: стационарность, ординарность, отсутствие последействия [69].

В узком контексте стационарность характеризуется независимостью плотности вероятности $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ от начала выбора отсчета. То есть, значения вероятности появления k событий $p_k(t, t+\tau)$ и $p_k(t_1, t_1+\tau)$ в интервалах (t, τ) и (t_1, τ) для интервалов времени одинаковой длины τ и точек отсчета соответственно t и t_1 , должны быть одинаковыми:

$$p_k(t, t+\tau) = p_k(t_1, t_1+\tau),$$

независимыми от положения точки отсчета t , а зависимыми только от длины интервала τ : $p_k(t, t+\tau) = p_k(\tau)$.

Стационарный поток характеризуется постоянной плотностью среднего числа изменений, поступающих в единицу времени. Это предположение применимо для исследуемого потока в системе на ограниченном промежутке

времени для данных, анализируемых на интервале в один год. На рисунке 2.2.2.1 представлено распределение двух видов документов об изменениях по месяцам.

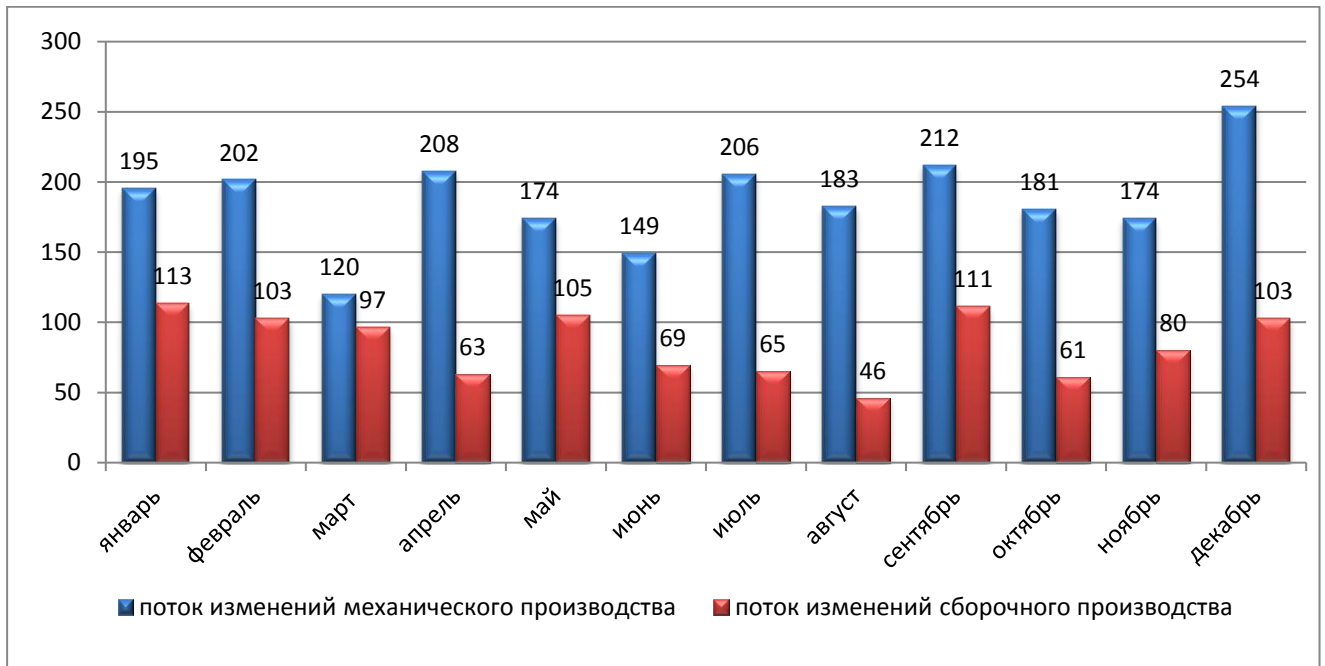


Рисунок 2.2.2.1

На рисунке 2.2.2.2 показана диаграмма распределения числа изменений по декадам за год.

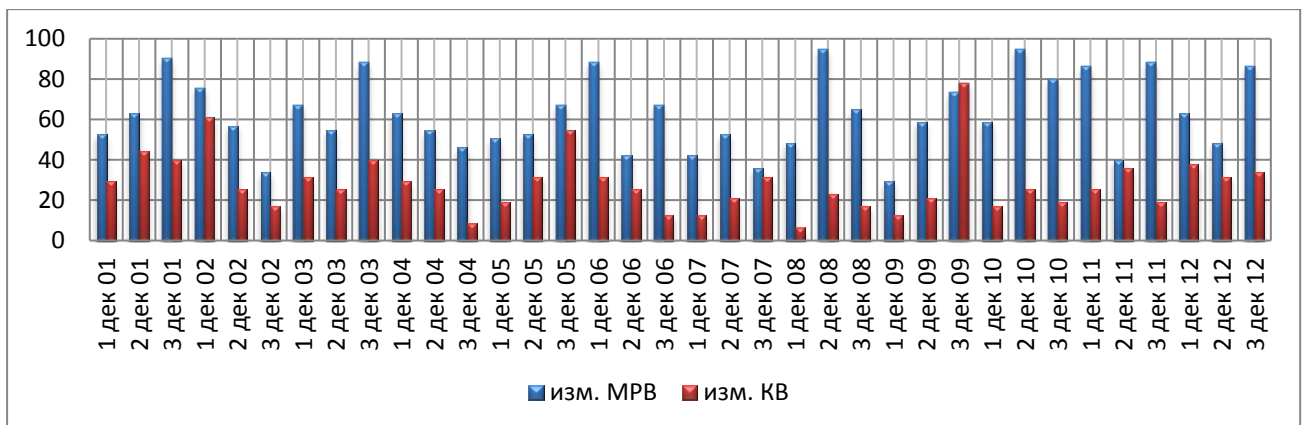


Рисунок 2.2.2.2

На основании представленных данных оценим вероятностные характеристики случайной величины: плотности распределения документов на разных промежутках времени (год, декада, месяц) с целью определения отрезка времени, на котором входящий поток можно считать стационарным.

Подтвердить наличие этого свойства можно проверкой гипотезы о постоянстве среднего значения $H_0: E(x_i) = M = \text{const}$ по «малой выборке». В теории математической статистики к малой относится выборка объемом не более $N=50-70$ элементов, под этот объем подходит рассматриваемая выборка $N=3-21$ элементов.

Традиционные методы исследования случая малой выборки (классический метод, метод прямоугольных и треугольных [15] вкладов) требуют большого количества собранной информации о текущей ситуации и значительных алгоритмических и компьютерных временных затрат, связанных с вычислением плотности распределения случайной величины и ее оценки.

Существующие специальные критерии согласия (S-критерий Манна [56] для распознавания выборок, распределенных по Вейбуллу, W-критерий Шапиро и Уилка [106] для проверки допущения о нормальном и логнормальном распределении) используются для проверки гипотезы о законе распределения при размере выборки до $N=25$ элементов. При использовании критериев согласия возникает большая вероятность ложной тревоги, которая уменьшается при увеличении объема выборки, в частности, при $N=20$ по W-критерию вероятность ложной тревоги составляет 0,59, при $N=25$ – 0,42. Таким образом, для проверки гипотезы предлагается выбрать критерии, которые позволят провести расчеты без использования сложных вычислительных процедур и алгоритмов, но, в то же время, обеспечат достаточно высокую степень достоверности полученных результатов. Применим два типа критериев: вначале для получения приближенного результата проверки гипотезы будем использовать наиболее простой критерий серий, основанный на медиане выборки. Затем уточним полученные результаты с использованием более мощного критерия Аббе, основанному на квадратах последовательных разностей, поскольку при заданном уровне значимости применение только простого критерия повышает вероятность ошибочно принять гипотезу о стационарности. Выбор указанных типов критериев обусловлен целесообразностью их использования на малых выборках.

Проверку гипотезы о стационарности потока изменений проведем на

интервалах: год, месяц, декада.

В таблице 2 представлены значения числа помесечных документов по изменениям за год, на диаграмме рисунка 2.2.1.9 показана соответствующая динамика документов по изменениям.

Ранжируя члены анализируемого ряда в порядке возрастания, получим вариационный ряд, показанный в Таблице 3. Определим выборочную медиану по формуле: $X_{\text{med}}(n) = \frac{1}{2}(x_{n/2} + x_{n/2+1})$. Тогда при $n=12$: $X_{\text{med}}(n) = \frac{1}{2}(x_6 + x_7) = (273 + 275)/2 = 274$.

Таблица 2 – Анализируемый ряд помесечных изменений в документах

Месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Число изменений	319	269	307	227	275	267	195	254	273	294	294	300

Таблица 3 – Вариационный ряд изменений в документах

Месяц	июль	апрель	август	июнь	февраль	сентябрь	май	ноябрь	октябрь	декабрь	март	январь
Число изменений	195	227	254	267	269	273	275	294	294	300	307	319

Процедура проверки гипотезы основана на статистическом анализе образованных "серий", состоящих из плюсов и минусов. Для этого по исходному ряду построим последовательность из «+» и «-» следующим образом: вместо x_i ставится «+», если $x_i > X_{\text{med}}(n)$, и «-», если $x_i < X_{\text{med}}(n)$. Члены ряда, равные $X_{\text{med}}(n)$ в построенной последовательности из «+» и «-», не учитываются. Полученная последовательность плюсов и минусов характеризуется общим числом серий $v(n)$ и протяженностью самой длинной серии $\chi(n)$. При этом серией считается последовательность подряд идущих плюсов и подряд идущих минусов. Если исследуемый ряд состоит из статистически независимых наблюдений, случайно

варьирующих около некоторого постоянного уровня (т.е. справедлива гипотеза H_0), то чередование «+» и «-» в построенной последовательности должно быть случайным, т.е. эта последовательность не должна содержать слишком длинных серий, подряд идущих «+» и «-», и, соответственно, общее число серий не должно быть слишком малым. В данном критерии рассматривается одновременно пара критических статистик $(v(n); \chi(n))$. Справедливы следующие приближенные критерии проверки гипотезы H_0 :

$$v(n) > \left[\frac{1}{2} (n + 2 - 1,96\sqrt{n-1}) \right]; \quad (2.1)$$

$$\chi(n) < [3,3 \lg(n + 1)], \quad (2.2)$$

если хотя бы одно из неравенств окажется нарушенным, то гипотеза отвергается с вероятностью статистического показателя ошибки p такого, что $0,05 < p < 0,0975$.

При $n=12$ правая часть выражения (2.1): $\left[\frac{1}{2} (n + 2 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] = 3,75$;

правая часть выражения (2.2): $[3,3 \lg(n + 1)] = 3,67$.

Ряд значений годового количества документов с изменениями по месяцам характеризуется следующей статистикой серий: $v(n) = 7$; $\chi(n) = 3$. Тогда проверка выполнения условий критериев (2.1) и (2.2): $7 > 3,75$; $3 < 3,67$ подтверждает гипотезу о стационарности распределения величины числа помесечного потока изменений в течение года.

Проверим полученный результат с помощью критерия Аббе. Для проверки гипотезы H_0 с помощью данного критерия подсчитывают величины:

$$q^2(n) = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^2; \quad (2.3)$$

$$s^2(n) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - M)^2; \quad (2.4)$$

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (2.5)$$

$$\gamma(n) = \frac{q^2(n)}{s^2(n)}. \quad (2.6)$$

Критерий Аббе дает положительный результат о стационарности распределения испытываемой совокупности при выполнении следующего условия: $\gamma(n) > \gamma_p^{min}(n)$. Для $n < 60$ для трех наиболее часто используемых значений уровня значимости (p) величины $\gamma_p^{min}(n)$ заданы в табличном виде [9].

Вычислим значения $q^2(n)$ и $s^2(n)$ для совокупности количества документов по изменениям за 12 месяцев рассматриваемого периода. Получим следующие результаты:

$$q^2(n) = 1076; s^2(n) = 1223; \gamma(n) = 0,880.$$

Проверим условия: для уровня значимости $p=0,95$ согласно таблице значений $\gamma_p^{min}(12)=0,5638$, таким образом, $\gamma(n) > \gamma_p^{min}(n)$. По результатам проверки по критериям серий и квадратов последовательных разностей можно сделать вывод о стационарности распределения потока месячных изменений в году, т.е. в течение года плотность ежемесячного потока документов меняется незначительно.

Рассмотрим число документов по изменениям, поступающим в течение месяца. В Таблице 4 представлены значения числа изменений по дням января месяца анализируемого периода.

Таблица 4 – Анализируемый ряд изменений в документах в течение месяца

День месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Число изменений	8	11	25	15	27	13	19	21	4	15	13	6	13	15	34	27	15	13	2	11	15

Члены анализируемого ряда Таблицы 4, ранжированные в порядке возрастания, представлены в виде вариационного ряда в Таблице 5.

Таблица 5 – Вариационный ряд изменений в документах

День месяца	19	9	12	1	2	20	6	11	13	18	5	10	14	17	21	7	8	3	5	16	15
Число изменений	2	4	6	8	11	11	13	13	13	13	15	15	15	15	15	19	21	25	27	27	34

Определим выборочную медиану по формуле:

$$X_{\text{med}}(n) = x_{(n+1)/2}. \text{ При } n=21, X_{\text{med}}(11) = 15.$$

Рассчитаем значения границ для критерия серий: при $n=21$:

$$\left[\frac{1}{2}(n + 2 - 1,96\sqrt{n - 1}) \right] = 7,17; [3,3 \lg(n + 1)] = 4,43,$$

а ряд значений количества изменений по дням характеризуется следующими статистиками серий: $u(n) = 7$; $\chi(n) = 3$.

Проверка выполнения условий критериев (2.1) и (2.2): $9 > 7,17$; $3 < 4,43$ подтверждает гипотезу о стационарности.

Вычислим значения $q^2(n)$ и $s^2(n)$ для совокупности значений количества изменений, поступивших за январь рассматриваемого периода. Получим следующие результаты:

$$q^2(n) = 49; s^2(n) = 60; \gamma(n) = 0,822.$$

Проверим условия: для уровня значимости 0,95 по таблице значений [9] $\gamma_p^{\text{min}}(21) = 0,6574$, таким образом, $\gamma(n) > \gamma_p^{\text{min}}(n)$. Согласно результатам проверки по критериям серий и квадратов последовательных разностей можно сделать вывод о стационарности распределения потока изменений по дням месяца.

Рассмотрим распределение потока изменений, приходящих за декаду месяца. В Таблице 6 представлены значения числа изменений по декадам января месяца анализируемого периода, а на диаграмме рисунка 2.2.1.10 - распределение числа изменений по декадам месяца.

Таблица 6 – Анализируемый ряд подекадных изменений в документах

Декада месяца	1	2	3
Число изменений	86	103	130

Таблица 7 – Вариационный ряд изменений в документах

Декада месяца	1	2	3
Число изменений	86	103	130

В таблице 7 члены анализируемого ряда Таблицы 6 расположены в порядке возрастания, в данном случае последовательность значений совпала с первичным расположением, о сходной динамике свидетельствуют диаграммы на рисунках 2.2.1.6, 2.2.1.8, 2.2.1.10.

Определим выборочную медиану по формуле:

$$X_{\text{med}}(n) = x_{(n+1)/2}. \text{ При } n=3: X_{\text{med}}(2) = 103.$$

Рассчитаем значения границ для критерия серий при $n=3$:

$$\left[\frac{1}{2}(n + 2 - 1,96\sqrt{n - 1}) \right] = 1,114; [3,3 \lg(n + 1)] = 1,987,$$

тогда ряд значений количества изменений по декадам характеризуется следующими статистиками серий: $u(n) = 2$; $\chi(n) = 1$. Убедимся в выполнении условий критерия: $2 > 1,114$; $1 < 1,987$, т.е. выполняются неравенства (2.1) и (2.2), подтверждая гипотезу о стационарности распределения величины числа изменений, поступающих в производство за декаду.

Проверим полученный результат с помощью критерия Аббе, для чего вычислим значения $q^2(n)$ и $s^2(n)$ для совокупности значений количества изменений, поступивших за три декады января. Получим следующие результаты:

$$q^2(n) = 257; s^2(n) = 513; \gamma(n) = 0,501.$$

Проверим условия: для уровня значимости $p=0,95$ по таблице значений [9], $\gamma_p^{\text{min}}(3)=0,3902$, таким образом, $\gamma(n) > \gamma_p^{\text{min}}(n)$. Согласно результатам проверки по критериям серий и квадратов последовательных разностей можно сделать вывод о стационарности распределения потока изменений по декадам, т.е. плотность потока документов по изменениям меняется незначительно.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о стационарности плотности потока документов по изменениям в течение года, месяца и подекадно.

Для доказательства отсутствия последствия снова обратимся к рассмотрению большого промежутка времени работы исследуемого процесса. На

большом промежутке времени любые зависимости между поступлением изменений документов различных видов сглаживаются, кроме того, сглаживание неоднородности процесса поступления документов усиливается с увеличением временного промежутка. Еще одним аргументом принятия гипотезы отсутствия последействия (или отсутствия памяти у процесса) является то, что в инженерной практике, к такому допущению прибегают достаточно часто [45,95], при этом многочисленные опыты и сравнения с другими моделями позволяют сделать вывод о его адекватности.

Третьим свойством, которое необходимо проверить, является ординарность, предполагающая, что документы об изменениях поступают по одному, при этом вероятность поступления в один момент времени более одного документа пренебрежимо мала. Учитывая специфику подготовки документов об изменениях, поступление их в производство можно считать последовательным процессом, т.к. документы на изменения поступают и обрабатываются по одному.

Таким образом, доказано, что входной поток документов обладает следующими тремя свойствами: ординарностью, стационарностью, отсутствием последействия, то есть является пуассоновским, что позволяет упростить построение информационной системы.

2.3 Разработка метода «Информационная петля» и алгоритмов формирования и согласования производственных электронных документов участниками процесса проведения изменений в конструкторской и технологической документациях

В целях решения задачи повышения эффективности обеспечения производства при проведении изменений в КД и ТД путем построения сквозного процесса «Конструктор-Технолог-Производство» произведен выбор метода интеграции двух контуров исходя из следующих критериев: качество и скорость прохождения процесса при двустороннем обмене информацией между системами,

возможность последовательного перехода от «бумажной» документации к электронной в рамках единого бизнес-процесса, минимальные затраты на ресурсы.

Проявляемый в последние годы программистами высокий интерес к методу ESB-интеграции имеет и некоторые узкие места в рассматриваемом контексте:

- наличие промежуточного ПО, которое обеспечивает взаимосвязь между приложениями, где могут быть свои собственные ошибки – они недопустимы, поскольку выявятся уже в процессе эксплуатации;
- использование при интеграции более трех приложений.

Применение виртуальной БД также эффективно при интеграции более трех приложений, и, в случае сложной и объемной выборки данных, потребует значительного объема оперативной памяти, иначе возможно «подвисание» системы.

Для реализации двустороннего обмена конструкторско-технологической информацией между двумя системами предложен использующий общую промежуточную базу данных на основе СУБД MS SQL Server вариант, обладающий следующими преимуществами:

- унификация модели данных;
- большая гибкость, расширяемость при кодировании и разработке;
- поддержка индексов;
- поддержка многопользовательского режима;
- обеспечение качества обмена информацией;
- отсутствие значительных ресурсных затрат, т.к. промежуточная база лишь служит своего рода транзитным звеном, в котором происходит установление соответствия, формирование логов загрузки, на время выполнения цикла обмена данными между системами. В дальнейшем информация в базе не хранится. Ограничения на объем данных накладывает лишь размер свободного пространства на сервере в текущий момент времени (его достаточно определить опытным путем и поддерживать минимально необходимый размер).

Вышеперечисленные преимущества позволяют быстро отлаживать программный код в случае возникновения ошибок при работе, что ведет к уменьшению трудоемкости разработки и снижению затрат на реализацию проекта в целом. Однако существует ряд ограничений, налагаемых выбранным методом на процесс интеграции:

- должна быть проведена детальная проработка протокола, согласующего данные обеих систем;
- метод подходит только для систем с открытым программным кодом;
- входные потоки информации должны быть пуассоновскими;
- необходима настройка программных средств обмена, что в определенной степени является преимуществом ввиду наличия у каждого из предприятий своей собственной специфики.

Предложенный метод обмена данными между системами основан на разработанной и согласованной унифицированной модели данных конструкторско-технологической информации с использованием единой промежуточной базы данных, правила работы с которой регламентированы протоколом обмена. Для обмена используется событийно-ориентированная архитектура (EDA): PDM-система устанавливает продолжительное соединение с ERP-системой согласно своему внутреннему бизнес-процессу. Промежуточная база данных позволяет обойти проблему различия в структуре справочников, т. е. в НСИ каждой из систем.

Предложенный метод интеграции «бесшовного» соединения двух контуров (конструкторско-технологического и производственного) стал основой для объединения в два потока информации по подготовке сборочного и механического производств с помощью специально разработанных электронных производственных документов:

- электронная комплектовочная ведомость (ЭКВ);
- электронная материально-расцеховочная ведомость (ЭМРВ).

Автором показано, что в итоге, совершенствование бизнес-процессов информационного обеспечения подготовки производства приборостроительного предприятия с непрерывно поступающими изменениями сводится к разработке алгоритма управления жизненным циклом этих двух документов [39].

Весь ЖЦ документа представляет собой четыре основных этапа: разработка, согласование и утверждение, хранение, аннулирование. В каждом из этапов ЖЦ взаимодействие участников описывается тем или иным бизнес-процессом, представляющим собой совокупность взаимосвязанных действий и задач, приводящих к созданию определенного объекта, в данном случае, создание электронного документа.

Процесс управления ЖЦ документов полностью осуществляется в системе электронного документооборота, отслеживающей в каждый момент времени действия пользователей и направляющей информационные потоки в соответствии с заданным алгоритмом. В начале процесса инициируется задание, которое, проходя каждый из этапов, реализуется непосредственными исполнителями. По факту завершения очередного этапа задание автоматически переходит на следующий этап. В процессе прохождения этапов на объекты и документы устанавливаются электронно-цифровые подписи ответственных исполнителей.

В рамках интеграции систем в ЕИП предложена следующая организация работ с электронными производственными документами:

- в PDM-системе - разработка и согласование;
- в ERP-системе - запуск изделий в производство, последующая поддержка и аннулирование.

Для построения ЭКВ используется электронная структура изделия – ЭСИ и база данных номенклатуры ПКИ, содержащая в себе требуемые параметры, напрямую либо косвенно участвующие в разработке документа. Перечень параметров номенклатуры с источниками их получения приведен в Таблице 8, а пример печатной формы ЭКВ в Приложении 3.

На основании проведенных исследований производственной специфики выделены три типа ЭКВ, которые отличаются процессом создания:

«ЭКВ рабочая» – создаётся на экземпляр изделия (чаще всего это мелкосерийное изделие), наследуя от него все необходимые параметры (наименование, обозначение, шифр, сроки и т.д.), исключая тем самым ошибки разработчика. В этом случае устанавливается связь между конкретным изделием и всеми разработанными на него электронными производственными документами;

Таблица 8 –Перечень параметров ЭКВ

Наименование параметра	Источник	Тип	№ графы ЭКВ
Наименование ПКИ	ТУ ¹	Текстовый	1
Обозначение ПКИ/ Обозначение документа на поставку	КД/ТУ	Текстовый	1
Шифр	Классификатор	Числовой	2
Вид приемки	ТУ	Текстовый	5
Срок хранения ПКИ до постановки в изделие	-	Расчетный	6
Срок хранения ПКИ в упаковке завода-изготовителя	ТУ	Числовой	9
Срок сохраняемости ПКИ	ТУ	Числовой	10
Срок сохраняемости ПКИ до ввода в эксплуатацию	ТУ	Числовой	10
«В новых разработках не применять»	МОП ²	ДА/НЕТ	-

Сокращения в таблице:

¹ Технические условия

² Межотраслевой ограничительный перечень

«ЭКВ макетная» – создаётся разово и применяется при изготовлении макетных образцов продукции (возможно на НИОКР), которые не имеют десятичного номера и, следовательно, комплекта КД, без привязки к какому либо изделию, шифруется отдельно;

«ЭКВ дополнительная» – КВ выборочного содержания (ремонт, восстановление работоспособности изделий).

Алгоритм формирования производственного документа ЭКВ приведён на Рисунке 2.3.1.

Проведение изменений в ЭКВ возможно только через электронные документы об изменении, которые при их проведении автоматически изменяют объект в соответствии с указанными действиями разработчика. Т.е. разработчик документа об изменении описывает понятным ему языком, что PDM-система должна сделать с объектом при автоматическом проведении.

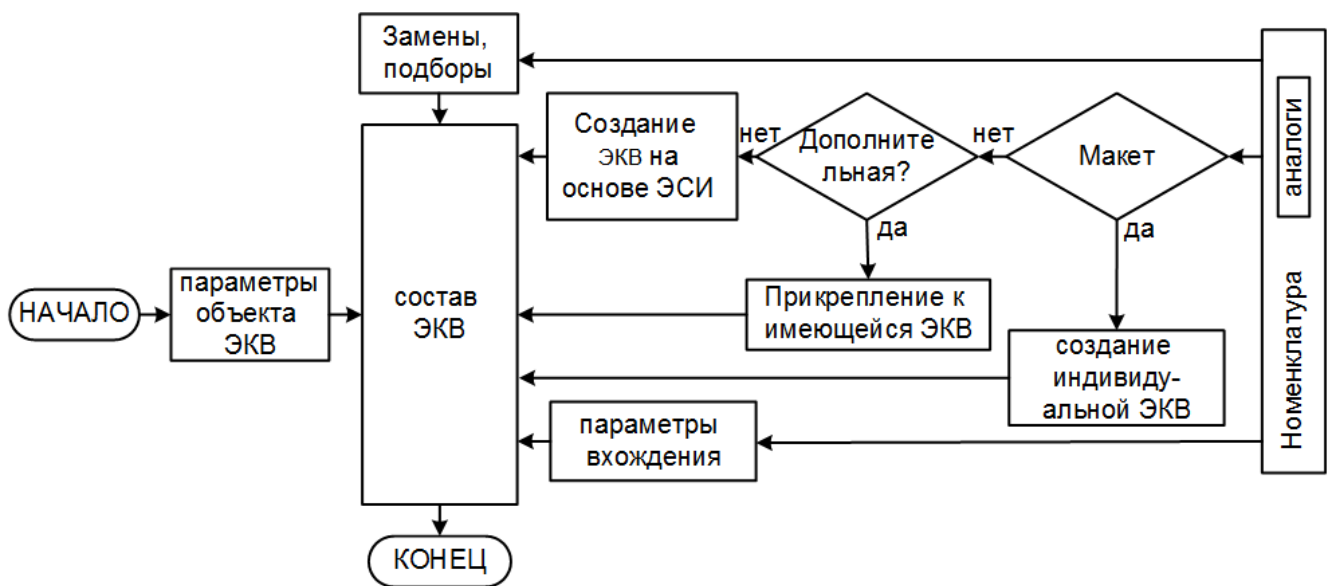


Рисунок 2.3.1 Алгоритм формирования документа ЭКВ

Общий алгоритм формирования изменений в производственном документе ЭКВ представлен схемой, приведенной на рисунке 2.3.2.

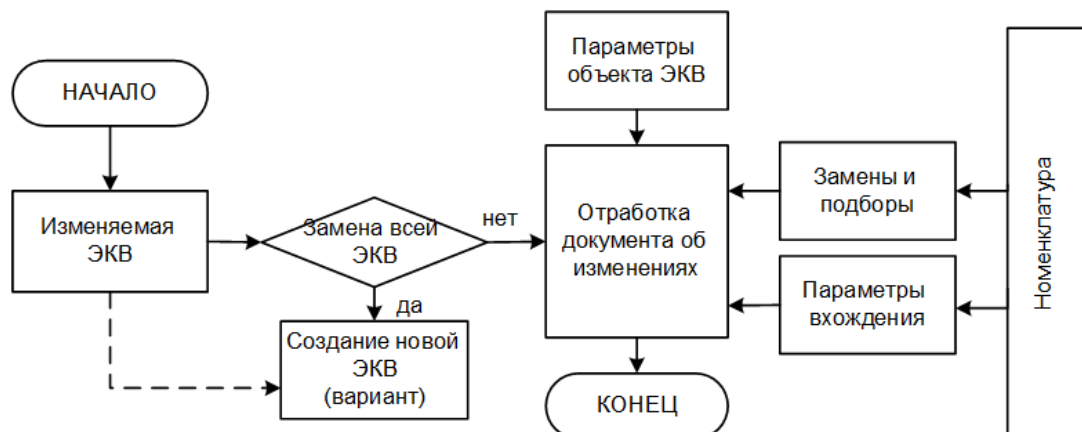


Рисунок 2.3.2 Алгоритм формирования изменений ЭКВ

После разработки документа об изменении ЭКВ проводится процесс его утверждения, который полностью совпадает с процессом утверждения новой КВ. При проведении изменения методом выпуска нового варианта ЭКВ производится её утверждение одновременно с извещением. В этом случае в одном и том же процессе одновременно утверждаются сразу два объекта. Таким образом, непрерывно проводимые изменения в КД отражаются в едином электронном производственном документе – ЭКВ.

Для построения производственного документа ЭМРВ на каждую ДСЕ предложена следующая модель:

$$\text{ЭМРВ} = \text{ТСИ} + \text{СН}_T + \text{М}_K,$$

где ТСИ – технологическая структура изделия;

СН_T - сводные нормы трудоемкости;

М_K - уточненный маршрут изготовления (при использовании кооперации).

ТСИ получается по определенному алгоритму из двух других документов:

$$\text{ТСИ} = \text{ЭСИ} + \text{ЭТП},$$

электронной конструктивной структуры изделия (ЭСИ), разрабатываемой конструкторами предприятия, и электронного технологического процесса (ЭТП) изготовления деталей, разрабатываемого технологами механических цехов. Введение ТСИ, как отдельного документа, обусловлено имеющимися различиями в конструктивной и технологической структурах изделия.

Структурная схема формирования ЭМРВ представлена на рисунке 2.3.3.

Создание новой или корректировка имеющейся ТСИ производится с использованием электронного документа на изменение – извещения на изменение – автоматизированным способом по специально разработанному алгоритму, где технолог указывает только номенклатурный объект, на который создается/корректируется ТСИ, остальное выполняет система, поскольку имеется прямая связь между деталями в структуре изделия и технологическими процессами их изготовления.

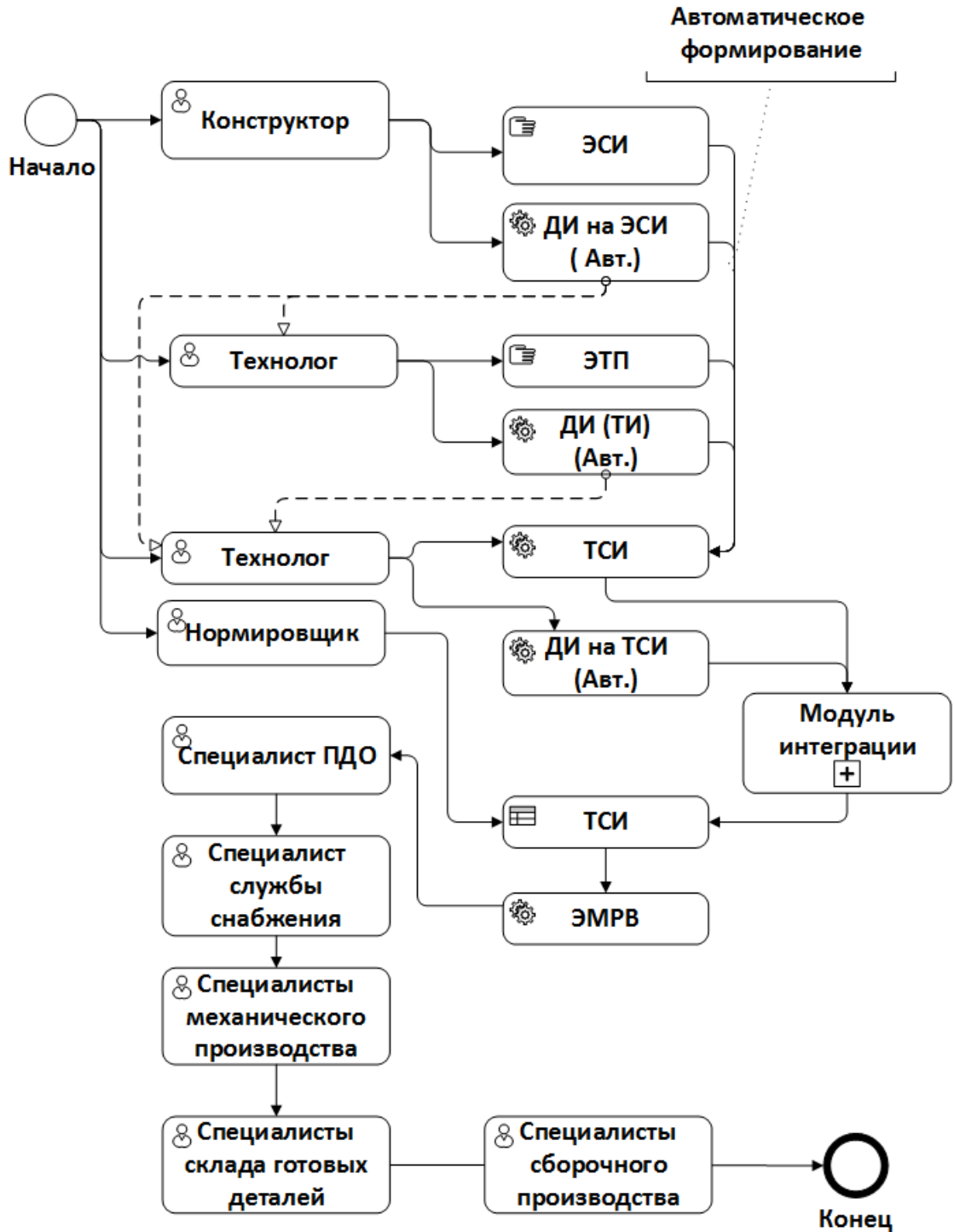


Рисунок 2.3.3. Структурная схема взаимодействия специалистов при формировании ЭМРВ. Авт. - Автоматически

При этом из ЭСИ передается следующая информация:

- номенклатурный объект - изделие, его составные части, иерархично связанные между собой и основным объектом;

- количество;
- параметры заимствования составных частей из других изделий;
- варианты замен материалов;
- особые указания о назначении конкретного экземпляра номенклатурного объекта.

Из ЭТП передаётся следующая информация:

- о входящих материалах и размерах заготовок;
- о маршруте изготовления по цехам и участкам;
- о необходимости группировки определенных деталей для последующей передачи комплекта на сборку изделия.

После этого могут быть добавлены какие-либо изменения, например, при изготовлении тех или иных деталей по кооперации на других предприятиях, скорректировав технологический маршрут, считая разработку ТСИ законченной.

В одном из этапов бизнес-процесса согласования полученных таким образом производственных электронных документов реализуется обмен данными между системами с активной обратной связью – «Информационная петля» (изображена на рисунке 2.3.4 двумя круговыми стрелками).

Разработанный метод заключается в том, что на основании переданных объектов НСИ в ERP-системе по заданному алгоритму происходит формирование наглядных форм электронных экземпляров документов, после чего они возвращаются в PDF формате в PDM-систему. Тем самым, за разработчиком документа остается последняя проверка качества и корректности как своих действий по разработке документа или извещения на изменение, так и перенесенных программным модулем интеграции объектов из PDM в ERP-систему перед отправкой документа на согласование. Если все сделано правильно, документ проходит на следующую стадию, исключая, таким образом, ошибки до производственного блока.

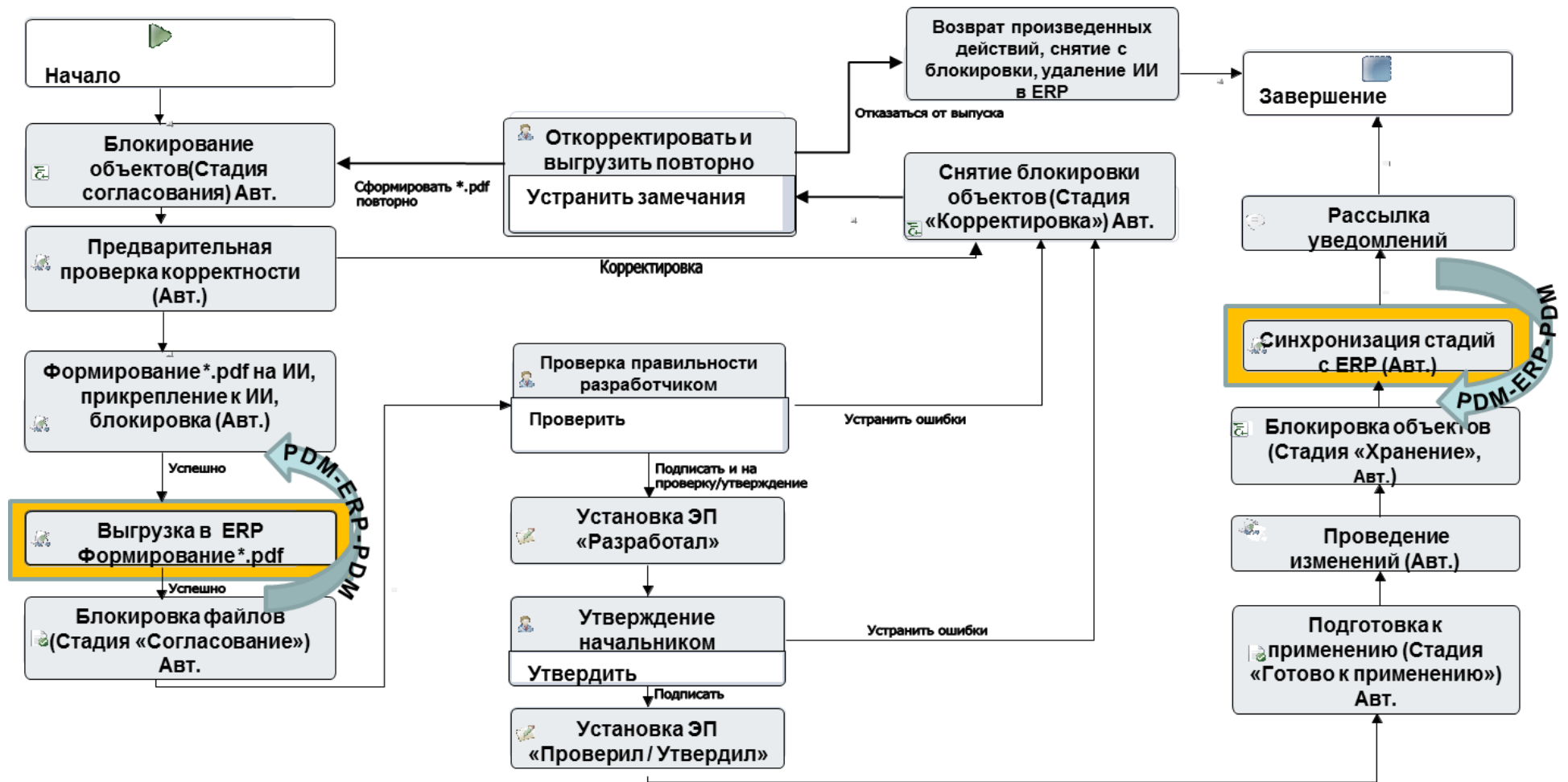


Рисунок 2.3.4 Схема бизнес-процесса согласования производственного электронного документа

Этот метод аналогичен циклу качества PDCA («*Plan-Do-Check-Act*» – планирование–действие–контроль–претворение в жизнь [28]) Эдварда Деминга, но предметом воздействия становится информация, а не физический объект – продукция.

Модуль интеграции запускается автоматически на одном из первых этапов бизнес-процесса согласования/утверждения электронного документа и непосредственно перед его завершением. Бизнес-процесс от разработки до подписания электронного документа описывает все стадии работы с документом. В логике бизнес-процесса, выполняемого под управлением PDM-системы, предусмотрены специальные этапы, реализованные в виде программ-макросов на языке C#. С помощью таких этапов достигается автоматизация процедуры согласования, одним из которых и осуществляется процесс выгрузки в промежуточную базу.

Алгоритм информационного обмена объектами между системами представлен следующими процедурами:

- программа выгрузки данных из PDM-системы просматривает указанные в извещении документы и производит проверку определенного набора условий (стадия документа, сроки и пр.), после чего документ блокируется от возможных корректировок пользователями;
- программа выгрузки данных переписывает объекты в промежуточную базу MS SQL, а файлы извещений - в PDF формате в защищенную папку на сервере;
- программа загрузки информации в ERP-систему, проверяет наличие в справочниках ERP-системы всех выгруженных объектов, создаёт недостающие, после чего загружает документ из таблиц MS SQL;
- после завершения передачи информации в ERP-системе производится формирование визуализируемых электронных экземпляров документа и передача их в PDM-систему по бизнес-процессу для дополнительного контроля разработчиком результатов изменений;

– по окончании процесса согласования документа происходит передача из PDM-системы в ERP-систему информации об электронных подписях выгруженных документов, датах их установки, отметке о приёме на хранение. Программа выгрузки данных обеспечивает сбор и проверку информации о структуре изделия и маршрутах изготовления в соответствии с установленным регламентом.

На этапе предварительной проверки осуществляется верификация данных в соответствии с нижеследующими критериями:

- выгружаются только изделия с составом элементов;
- у каждой ДСЕ обязательно должны быть заполнены артикул, группа номенклатуры и единица измерения;
- для элементов состава должно быть указано количество;
- для деталей обязательно должны быть указаны материальные нормы.

Для каждого элемента состава изделия в ERP-систему передаётся:

- атрибутивная информация по элементу: наименование, обозначение, артикул и др.;
- информация по основным и заменяющим материалам;
- информация по технологическим операциям и переходам;
- нормы расхода материалов, единицы нормирования и пр.;
- данные по технологическим отходам;
- для технологических структур – версия и извещение об изменениях.

Указанная информация подготавливается в виде информационных массивов для исключения избыточности данных, т.е. каждый элемент вне зависимости от его применяемости встречается только один раз.

Выгрузка информации в промежуточную базу выполняется в единой транзакции, которая открывается после получения всех наборов атрибутивной информации. В транзакцию включены передачи массивов номенклатуры, заготовок, технологических карт, извещений об изменениях, а также их взаимное иерархическое отношение. При сбое во время выполнения программы (взаимоблокировка, потеря соединения с сервером и пр.) произойдет возврат

транзакции, и промежуточная база восстановится в состояние, в котором она была до начала выгрузки.

Каждое поле элемента атрибутивных массивов представляет собой экземпляр структурного класса и записывается SQL-запросом в соответствующие столбцы таблицы номенклатуры промежуточной базы данных. В итоге выполнения запроса выводится значение идентификационной колонки (Identify) для каждого выгруженного объекта. Такой идентификационный номер элемента номенклатуры используется для объединения данных из нескольких таблиц (состава, технологических карт, извещений об изменениях и др.).

Аналогичным образом производится передача технологических данных: сначала заполняется таблица технологических карт, а затем с использованием полученных идентификаторов формируются таблицы технологических операций и переходов.

Заключительным этапом работы программного модуля выгрузки является перебор структуры изделия. Иерархию узла представляет набор пар «Родитель-Потомок» с набором атрибутов, описывающих параметры использования ДСЕ в изделии. Для определения узлов используются идентификаторы, полученные при выгрузке номенклатурных массивов. Таким образом, передача состава изделия заключается в рекурсивном переборе узлов, определении их идентификаторов в таблице номенклатуры, формировании пары «Родитель-Потомок» и дополнении полученной информации параметрами использования (количество, примечание, заимствование и др.). Вместе с тем, в массив состава для каждой детали добавляются уровни заготовок и материалов. Отношения «Деталь-Заготовка» дополняются материальными нормами (размеры заготовок, нормы расхода, масса отхода). Сформированный по описанному алгоритму массив составов выгружается в соответствующую таблицу промежуточной базы данных.

Результатом выполнения функции выгрузки являются заполненные таблицы, а также уникальный идентификатор, который однозначно определяет набор строк в таблице номенклатуры для каждой выгрузки.

После положительно проведенной выгрузки, PDM-система вызывает automation-сервер ERP-системы посредством COM-интерфейса, осуществляя загрузку данных через внутреннюю экспортную функцию, основным параметром которой является уникальный идентификатор выгрузки, однозначно определяющий информацию текущего процесса среди нескольких параллельно-возможных.

Данные промежуточной базы перед загрузкой проверяются ERP-системой на логичность, целостность и непротиворечивость. Например, ERP-система проверяет данные выгрузки на наличие состава у изделия, осуществляет проверки на дубли в таблицах состава и технологических операций, проверяет состав на зацикливание и т. д. В случае срабатывания одной из проверок происходит возврат транзакции по загрузке текущего документа, а описание об ошибке записывается в таблицу лога в промежуточной базе.

Используемое при интеграции ПО разных разработчиков характеризуется принципиальным отличием в организации НСИ в двух системах:

- в ERP-системе на каждую ДСЕ предполагается своя спецификация номенклатуры, где в таблице «Выходная номенклатура» указывается ДСЕ, а в таблице «Исходная номенклатура» указывается ее материальный состав. Технологические карты производства, представляющие собой пооперационный маршрут, прикрепляются к спецификации номенклатуры;

- в PDM-системе, наоборот, последний уровень «Заготовка–материал» зависит от технологии, которая определяет из какого материала и с какими характеристиками и заменителями используется заготовка. К тому же, ДСЕ в PDM-системе могут иметь несколько технологических карт и могут включаться в состав на одном уровне несколько раз с разным количеством и своим набором технологических карт.

Кроме того, в «принимающей» системе должны храниться все «версии» спецификаций, технологических карт на изделие, чтобы проследить в какой момент времени по какому составу изделия произошел запуск ДСЕ в производство.

При этом любое незначительное изменение в составе, характеристике материала, технологии приводит к созданию новой спецификации и технологической карты, осложняя алгоритм приведения семантической модели данных к реляционной модели.

Типовая модель данных ERP-системы предполагает хранить весь состав изделия в спецификациях, независимо от уровня. Сама же спецификация представляет собой две таблицы: «Выходная номенклатура» и «Входная номенклатура». По данным этих таблиц можно построить исходную таблицу отношений по номенклатуре «вход-выход». Технологическая карта в ERP-системе представляет собой пооперационный маршрут из списка рабочих центров с технологическими операциями.

Вышеперечисленные проблемы различия организации НСИ двух систем, а также версионирование изменений составов изделий и технологических операций, решены с использованием дополнительных регистров сведений и алгоритмов взаимодействия систем.

Алгоритм загрузки анализирует и сопоставляет загружаемые спецификации и технологические карты с имеющимися в системе. Если найти элемент справочника, удовлетворяющий выгрузке, не удастся, то создается новый элемент. Созданные или найденные элементы справочников «Спецификация номенклатуры», «Технологические карты производства» заполняют регистры сведений.

Для обеспечения быстрой «разузловки» составов на этапе выгрузки в таблицу состава выгружается полная таблица всех отношений, описывающая входную – выходную номенклатуру от начала и до конца. Таблица отношений считывается из промежуточной базы посредством SQL рекурсивного запроса в таблицу значений с использованием индекса по выходной номенклатуре, что позволяет практически мгновенно обработать таблицу независимо от объема значений. Далее происходит инициализация объектов справочника «Спецификация номенклатуры», т. е. создание или нахождение элементов справочника. Данные этого регистра

используются системой в дальнейшем для последующего использования составов изделий в различных производственных задачах.

По окончании загрузки данных ERP-система формирует печатную форму согласуемого документа. Одну копию, привязанную к объекту – «Изделие», система сохраняет в хранилище элемента справочника «Хранилище дополнительной информации», вторую копию в формате «PDF» - сохраняет на диске в общем каталоге локальной сети. Имя файла регламентируется протоколом обмена, каталог для сохранения указан в таблице извещения промежуточной базы, там хранится и PDF-файл конструкторского или технологического извещения, сформированный PDM-системой, и описывающий проведенные изменения существующего документа или ввод нового. В свою очередь, PDM забирает сформированный файл документа и сохраняет в своей базе данных для открытия в интерактивном режиме пользователями на просмотр [40]. После успешно завершенного обмена содержимое промежуточной базы удаляется.

Бумажные экземпляры формируемых электронных документов необходимы на момент переходного периода от бумажного документооборота к электронному при поэтапном построении «Цифрового предприятия».

2.4 Концептуальная и расчетная модели обеспечения комплектующими производства

Разработанный электронный производственный документ ЭКВ содержит в концентрированном виде атрибутивную информацию, необходимую для специалистов отдела снабжения (участвуют в согласовании документа) как для обеспечения сборочного производства, так и при взаимодействии с поставщиками покупных комплектующих изделий в части своевременной корректировки номенклатуры заказанных ПКИ при поступлении документа по изменениям.

Концептуальная модель задачи изменения потребности в закупке ПКИ с учетом непрерывно поступающих изменений выглядит следующим образом:

$$Z = Pzn \rightarrow F \rightarrow Pzk;$$

$$Pzn = \sum_{k=0}^n PKI(k, t);$$

$$Pzk = \sum_{i=0}^l PKI(i, m);$$

$$F = \{ Ik, Ix, Id, Rc, Os, Op, Onl, Ds, An, Zt, Csb, Cp, Pmin, Pgoz \},$$

где Pzn – начальное целевое состояние плана закупок потребности к комплектующих PKI в разрезе месяцев t ;

Pzk – конечное целевое состояние плана закупок по итогам проведения изменений i комплектующих PKI в разрезе месяцев m ;

F – множество внешних факторов, воздействий и внутренних алгоритмов, имеющих ограничения, переводящих состояние Pzn в Pzk :

Ik – извещение на изменение количества ПКИ;

Ix – извещение на изменение характеристик ПКИ;

Id – извещение на выпуск дополнительных ЭКВ;

Rc – произведенная выдача со склада в сборочные подразделения;

Os – анализ остатков, походящих по срокам хранения до постановки в изделие;

Op – ожидаемые ближайшие поставки от поставщиков;

Onl – анализ остатков по неликвидным позициям;

Ds – учет допустимых замен по действующему составу изделия;

An – учет перечня аналогов на замену;

Zt – учет заявок поставщику уже выставленных на торги;

Csb – длительность цикла сборки изделий и узлов;

Cp – срок поставки ПКИ конкретным поставщиком;

$Pmin$ – минимальная партия заказа ПКИ у конкретного поставщика;

$Pgoz$ – признак изделия по гособоронзаказу (анализ возможности переноса резерва с менее приоритетного заказа).

С учетом вышеперечисленных воздействий и факторов производится корректировка потребности ПКИ по выдаче в сборочное подразделение и на заказ поставщикам.

Во время проведенного исследования выявлена еще одна актуальная задача по расчету срока складского и цехового хранения ПКИ до постановки в изделие.

Расчетное значение срока хранения ПКИ до постановки в изделие определяет фактический допустимый срок хранения на складе при фактическом сроке службы системы (блока, изделия), в которую входит (по применяемости) ПКИ.

Таким образом, в общем виде, срок T хранения ПКИ до постановки в изделие выглядит следующим образом:

$$T = T_C - T_{\text{изд}} - T_{\text{сб}},$$

где T_C – срок сохраняемости,

$T_{\text{изд}}$ – срок службы составной части (блока, изделия),

$T_{\text{сб}}$ – технологический цикл сборки составной части (блока, изделия).

Согласно проведенному анализу возможны три варианта расчета T_C и, соответственно T , в зависимости от соотношения параметров надежности ПКИ – срока сохраняемости T_C /срока сохраняемости до ввода в эксплуатацию $T_{\text{сдэ}}$ и срока службы $T_{\text{сл}}$:

Вариант №1: $T_{\text{сл}} \leq T_C$ (схемы представлены на рисунках 2.4.1, 2.4.2),

Вариант №2: $T_{\text{сл}} > T_{\text{сдэ}}$ (схемы представлены на рисунках 2.4.3, 2.4.4),

Вариант №3: особый случай расчета T_C для бескорпусных ПКИ (схема представлена на рисунке 2.4.5).

Для каждого из трех вариантов расчет срока T хранения ПКИ до постановки в изделие имеет свои особенности, учитывая данные из нормативно-технологической документации (НТД) на ПКИ. При расчетах нам понадобится новое понятие жизненного цикла ПКИ: $T_{\text{жци}}$ – это период времени от даты изготовления до перехода изделия в предельное состояние.

Вариант №1: $T_{\text{сл}} \leq T_C$ при $T_C = T_{\text{жци}}$ срок сохраняемости равен жизненному циклу ПКИ.

Для заполнения комплекточных ведомостей необходимо рассчитать максимально возможный срок T хранения ПКИ до постановки в изделие:

$$T \rightarrow \max \quad (2.7)$$

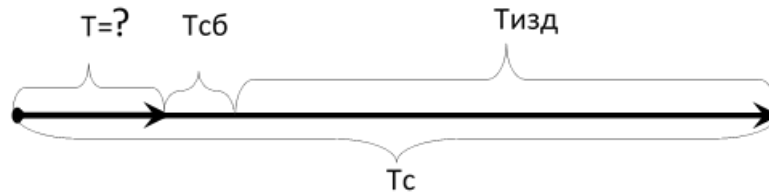


Рисунок 2.4.1

Частный случай: если для ПКИ в НТД оговорен срок хранения в упаковке завода-изготовителя $T_{уп}$ и он отличается от срока сохраняемости T_c , то должно выполняться условие:

$$T \leq T_{уп},$$

что представлено на рисунке 2.4.2.

В результате получаем:

$$T = \min (T_c - T_{изд} - T_{сб} ; T_{уп}).$$

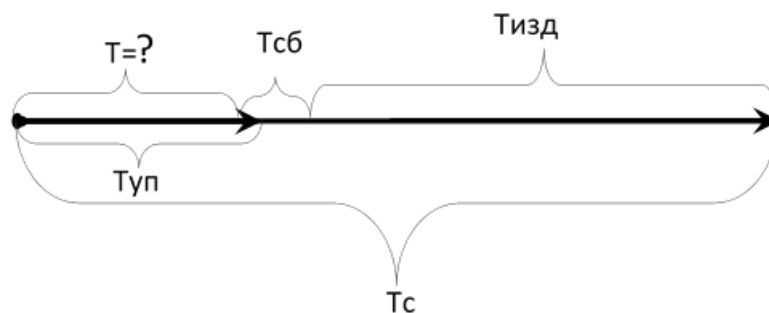


Рисунок 2.4.2

Вариант №2: $T_{сл} > T_{сдэ}$. Параметр $T_{сдэ}$ ограничен сроком сохраняемости, предшествующим вводу в эксплуатацию и может включать в себя срок хранения в упаковке и/или законсервированном виде, срок монтажа и/или срок хранения на

другом ПКИ, упакованном в более сложный объект. В таком случае срок службы исчисляется после окончания $T_{сдэ}$, причем сумма фактического срока сохраняемости до ввода в эксплуатацию и фактического срока службы не должна превышать значения, установленного для срока службы. Срок сохраняемости принимается равным значению срока службы и устанавливается с момента приемки изделий на предприятии-изготовителе. Срок хранения ПКИ до постановки в изделие является составной частью срока сохраняемости до ввода в эксплуатацию $T_{сдэ}$, что представлено на рисунке 2.4.3, поэтому удовлетворяет условию:

$$T \leq T_{сдэ}.$$

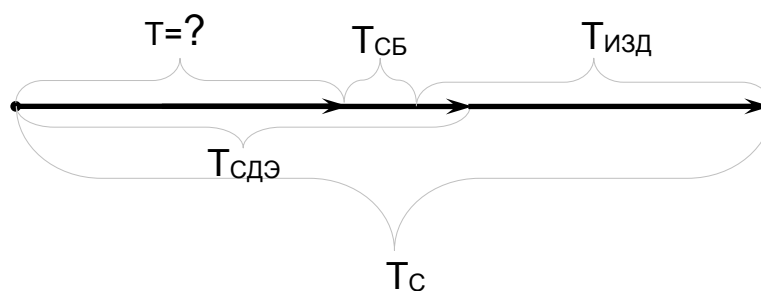


Рисунок 2.4.3

В таком случае срок сохраняемости определяется по следующей формуле:

$$T_{с} = T_{сл}.$$

Для выполнения условия (2.7) накладывается еще одно ограничение на расчетное значение срока хранения ПКИ до постановки в изделие, которое может превысить значение срока сохраняемости $T_{сдэ}$:

$$T = \min (T_{с} - T_{изд} - T_{сб} ; T_{сдэ}).$$

Частный случай: если для ПКИ в НТД оговорен срок хранения в упаковке завода-изготовителя, и он отличается от срока сохраняемости $T_{сдэ}$, то должно выполняться следующее условие:

$$T \leq T_{уп} \leq T_{сдэ},$$

что представлено на рисунке 2.4.4.

В итоге получим:

$$T = \min (T_{\text{сл}} - T_{\text{изд}} - T_{\text{сб}}; T_{\text{уп}}).$$

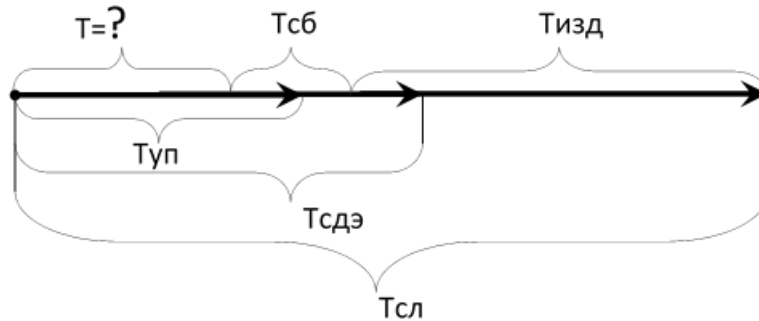


Рисунок 2.4.4

Вариант №3 является особым случаем расчета времени для бескорпусных ПКИ (полупроводниковых приборов, микросхем и т.д.), где срок хранения исчисляется с даты отгрузки до их герметизации в составе микросборок и не входит в срок сохраняемости, который обеспечивается только в составе загерметизированных микросборок и исчисляется с даты монтажа ПКИ в микросборку, что показано на рисунке 2.4.5.

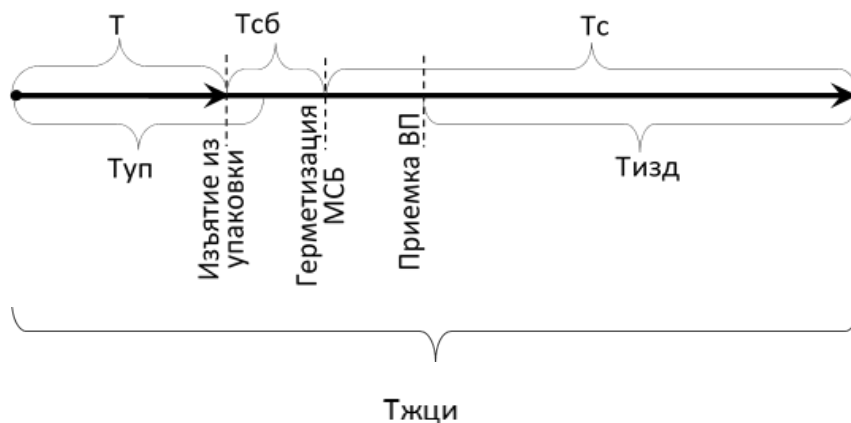


Рисунок 2.4.5

В таком случае жизненный цикл бескорпусного ПКИ складывается из срока хранения ПКИ до изъятия из упаковки предприятия-изготовителя, срока нахождения ПКИ после изъятия потребителем из упаковки предприятия-

изготовителя до момента его герметизации в составе микросборок и срока сохраняемости, следовательно,

$$T = T_{\text{жци}} - T_{\text{сб}} - T_{\text{с}},$$

а из рисунка 2.4.5 видно, что срок T хранения ПКИ до постановки в изделие является составной частью срока хранения ПКИ в упаковке завода-изготовителя:

$$T \leq T_{\text{уп}}.$$

В итоге, модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие должна удовлетворять следующему условию с учетом ограничений распределения параметров надежности покупных комплектующих изделий:

$$\left\{ \begin{array}{l} T \rightarrow \max, \\ T = \min (T_{\text{с}} - T_{\text{изд}} - T_{\text{сб}} ; T_{\text{уп}}) \text{ при } T_{\text{сл}} \leq T_{\text{с}}, \\ T = \min (T_{\text{сл}} - T_{\text{изд}} - T_{\text{сб}} ; T_{\text{уп}}) \text{ при } T_{\text{сл}} > T_{\text{сдэ}}, \\ T = T_{\text{жци}} - T_{\text{сб}} - T_{\text{с}} \text{ для бескорпусных ПКИ.} \end{array} \right.$$

2.5 Выводы

1. На основе проведенных исследований внутренней организации процессов подготовки мелкосерийного производства изделий приборостроительного предприятия выявлены два параллельных информационных и документных потока: сборочного производства и механического, включающих в себя непрерывно поступающие изменения в конструкторской и технологической документациях.

2. Проведена статистическая обработка входных потоков документов по изменениям сборочного производства и механического, а также исследован их объединенный поток за год, месяц, декаду. С помощью двуступенчатой проверки, сначала применив наиболее простой критерий серий, основанный на медиане выборке, затем уточнив полученные результаты с помощью более сильного

критерия квадратов последовательных разностей (критерия Аббе) подтверждена гипотеза о стационарности плотности потока документов. Доказаны и остальные пуассоновские свойства потока изменений, которые стали ограничениями применения предложенного метода интеграции.

3. Разработан принцип «бесшовной» интеграции двух контуров конструкторско-технологического и производственного, основанный на предложенном автором методе обмена данными с активной обратной связью – «Информационной петле», заключающейся в следующем: инициализированная в определенный момент PDM-системой передача данных в ERP-систему через промежуточную базу, проходит их обработку в ERP-системе с обратным возвратом в PDM преобразованных в pdf формат файлов, в этом случае PDM и ERP-системы являются как передающими, так и принимающими сторонами. Показано, что метод аналогичен циклу качества PDCA Эдварда Деминга, но предметом воздействия становится информация, а не физический объект – продукция.

4. Разработаны алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственной системы на основе автоматизированных бизнес-процессов формирования специально разработанных производственных электронных документов: электронной комплекточной ведомости (ЭКВ) и электронной материально-расцеховочной ведомости (ЭМРВ), которые концентрируют информационные потоки составов изделий, технологические процессы, другую атрибутивную информацию, обеспечивая механическое и сборочное производства документацией с непрерывно поступающими изменениями как от конструкторов, так и технологов.

5. Разработана концептуальная модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом изменений и предложена математическая модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие в зависимости от возможных случаев распределения параметров надежности ПКИ.

ГЛАВА 3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА «ИНФОРМАЦИОННАЯ ПЕТЛЯ» И АЛГОРИТМОВ ОРГАНИЗАЦИИ ДОКУМЕНТОПОТОКОВ В СПЕЦИАЛЬНО РАЗРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТАХ

3.1 Жизненный цикл производственного документа «Электронная комплектовочная ведомость»

В данной главе рассмотрена реализация, предложенной в главе 2, функциональной схемы ЕИП предприятия (рисунок 2.1.3) на примере интеграции двух импортонезависимых программных продуктов линейки системы PLM: T-Flex Docs 2014 и линейки автоматизированных систем управления предприятием: 1С: Управление производственным предприятием (УПП) версии 8.

Выбор программного обеспечения T-Flex Docs 2014, обладающего набором несложных в применении инструментов по управлению составами изделия и ведению номенклатуры предприятия, обусловлен более чем десятилетним положительным опытом использования конструкторами и технологами некоторых приборостроительных предприятий T-Flex CAD/CAM/CAE-решения российской компании «Топ Системы», благодаря чему значительно повышена производительность труда инженеров-конструкторов, качество разработки конструкторской документации и сборки изделий, выросла эффективность технологов-программистов при составлении управляющих программ для станков с ЧПУ. В основе T-Flex заложено геометрическое ядро моделирования Parasolid (Siemens PLM software), которое обеспечивает интеграцию со многими зарубежными программами проектирования, в частности с системой SolidWorks. Благодаря удобству и несложности пользовательских интерфейсов, относительно невысокой стоимости эта классическая «средняя» САПР является достаточно востребованной на приборостроительных предприятиях [31,33,38].

Руководствуясь принципами экономической целесообразности, стратегией Президента России по импортозамещению применяемого ПО [84], а также

учитывая тот факт, что по данным [99] "оборонный сектор в России тяготеет именно к российским решениям, качество которых существенно повысилось за последние годы", в качестве основной учетной системы предприятия предложена система 1С: УПП, разработанная Фирмой «1С».

На основании проведенного исследования организации подготовки существующих процессов, выявлено их две критичные группы: одна должна быть в точности перенесена в информационную систему, а другую необходимо модернизировать.

В рамках интеграции систем в ЕИП принята следующая организация работ с электронными комплекточными ведомостями:

- в PDM-системе (T-Flex Docs) - разработка и согласование;
- в ERP-системе (1С: УПП) - запуск изделий в производство, последующая поддержка и аннулирование.

Под эту идеологию разработаны электронные бизнес-процессы в рамках ЕИП, интерфейсы и настроены права доступа пользователей в обеих системах.

3.1.1 Алгоритм процесса создания/корректировки объектов номенклатуры

Основной составляющей электронного документа «Комплекточная ведомость», являются номенклатурные единицы - покупные комплектующие изделия, кроме технических характеристик в ЭКВ указываются сроки сохраняемости, максимально возможные сроки хранения на складе относительно общего срока службы конечного изделия.

В итоге, процесс сопровождения базы номенклатурных объектов по ЭКВ сводится к занесению в базу данных необходимых параметров ПКИ по заявке от разработчиков тематического отдела (ТО), как представлено на Рисунке 3.1.1.1.

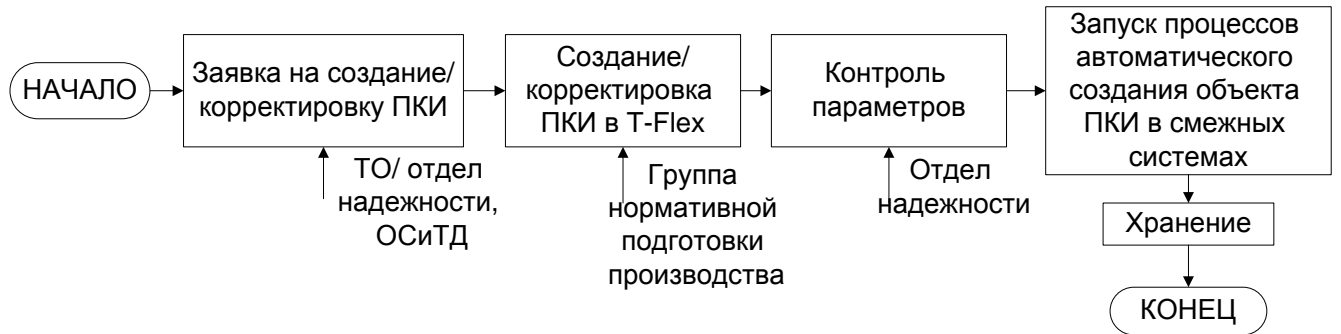


Рисунок 3.1.1.1 Процесс создания/корректировки объекта ПКИ

Краткое описание этапов процесса создания нового объекта ПКИ:

- 1) в связи с потребностью включения в номенклатуру нового объекта ПКИ разработчик (специалист ТО) оформляет в электронном виде заявку, представляющую собой перечень основных параметров, необходимых для идентификации изделия (чаще всего это наименование и обозначение документа на поставку); на основе заявки автоматически формируется паспорт ПКИ, представляющий собой набор пока ещё незаполненных параметров и данных об ЭЦП, необходимых для согласования;
- 2) группа нормативной подготовки производства согласно имеющейся информации на ПКИ (документам на поставку, основному КД) создаёт объект номенклатуры (присваивается стадия «введено») и указывает для него все необходимые параметры в паспорте на ПКИ, по окончании создания устанавливается ЭЦП «разработано ФИО»;
- 3) специалисты отдела надежности проверяют корректность введенных параметров согласно документа на поставку/основному КД: при нахождении несоответствий объект отправляется с соответствующими комментариями на предыдущий этап, а в случае полного соответствия на паспорт устанавливается ЭЦП «утверждено», а объекту присваивается стадия «разрешено к применению»;
- 4) на данном этапе автоматически запускаются аналогичные процессы по вводу данного элемента в смежные САПР, что уже выходит за рамки работы и автором не рассматривается.

Результатом приведённого процесса является созданный объект, запрещённый для редактирования, и паспорт ПКИ с установленными ЭЦП лиц, принимающих участие в процессе.

Процесс корректировки информации о ПКИ, вызванный проведением изменений в КД, происходит аналогично, но заявка на изменение может быть создана как специалистом ТО, так и любым участником процесса (отделом надёжности, ОСиТД). В этом случае на этапе 2 объекту присваивается стадия «корректировка», а на паспорте ПКИ аннулируются все ЭЦП и процесс утверждения проводится вновь.

3.1.2 Алгоритмы процессов формирования различных типов ЭКВ

При наличии всех объектов номенклатуры, включаемых в ЭКВ, разработчик в PDM-системе приступает к её созданию определив тип формируемой ЭКВ: «ЭКВ рабочая», «ЭКВ макетная» или «ЭКВ дополнительная».

Создание ЭКВ в PDM-системе осуществляется в специально разработанном интерфейсе пользователя, представленном на рисунке 3.1.2.1. Создав объект документа, разработчик заполняет ведомость путем выбора из базы данных номенклатурных объектов по их наименованию, документу на поставку, включению их в состав ЭКВ или путем автоматического создания документа по электронной структуре изделия.

При этом разработчик использует механизм аналогов, составленный по годовым решениям отдела комплектации. Необходимо отметить, что в состав ЭКВ при обычных условиях невозможно включить номенклатурные единицы с указанным параметром «В новых разработках не применять», устанавливаемым группой нормативной подготовки производства согласно документам на поставку ПКИ. При включении объекта номенклатуры в состав ЭКВ разработчику предлагается заполнить количественные характеристики, например, количество, сроки, примечание.

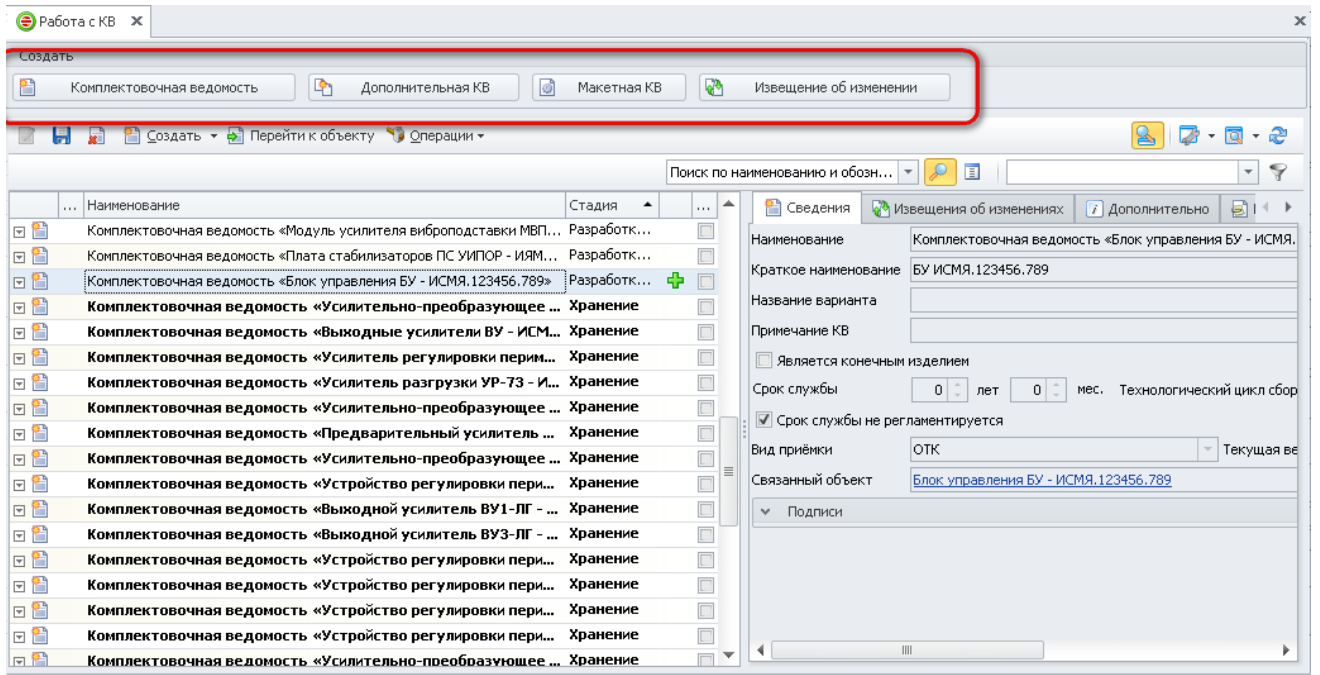


Рисунок 3.1.2.1 Интерфейс создания ЭКВ

В процессе формирования ЭКВ разработчик, при необходимости, а также в соответствии с КД, может указать замены ПКИ. Данный механизм универсален и предусматривает комплексные замены и простые замены, являющиеся частным случаем комплексной.

В PDM-системе предусмотрен механизм включения в состав элементов подбора номинала из возможного номенклатурного ряда для данного ПКИ, т.е. разработчику предоставляется возможность включить в подбор только элементы согласно документу на поставку, исключая возможные ошибки и расширение номенклатуры несуществующими элементами. Специально разработанный программный функционал для работы с составом КВ «Подбор пассивных элементов» представлен на рисунке 3.1.2.2.

При этом для объекта состав подборного ряда выбирается из окна его свойств. Для оформления допускаемых замен объекта/объектов разработан алгоритм, где основной единицей замен выступает блок замен, выделяемый цветом, представленный на рисунке 3.1.2.3.

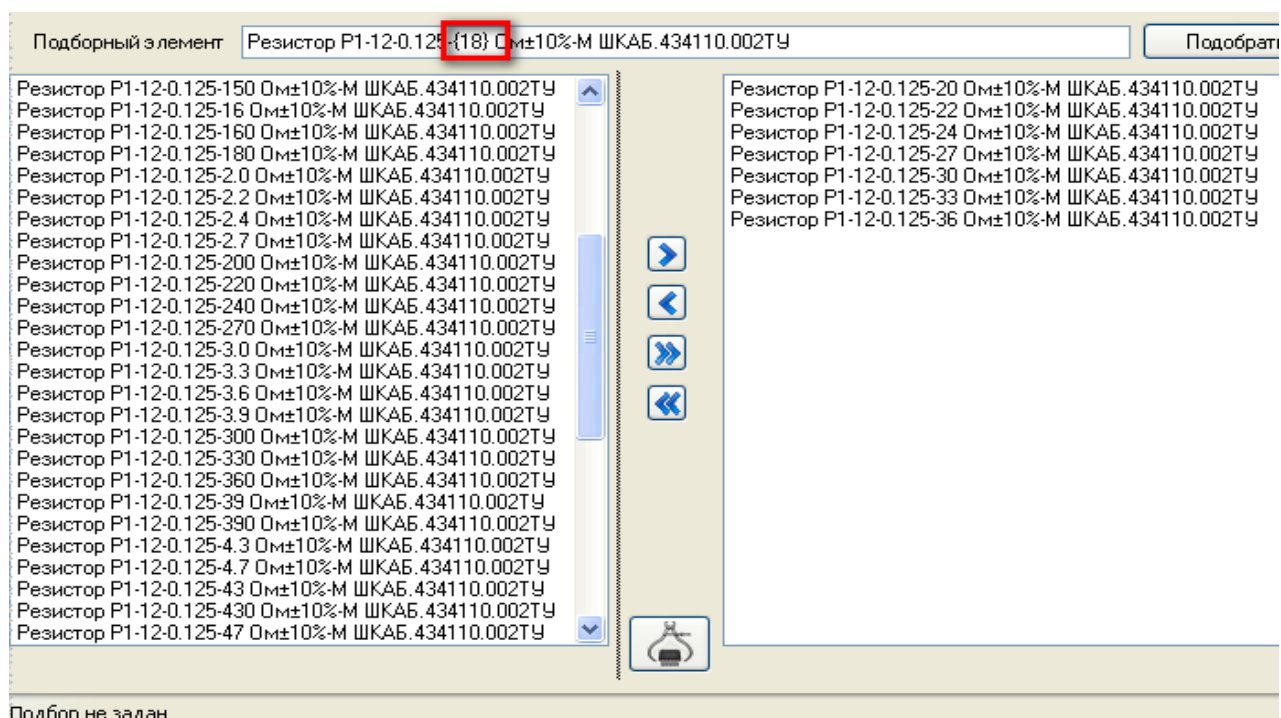


Рисунок 3.1.2.2 Интрфейс для подбора пассивных элементов

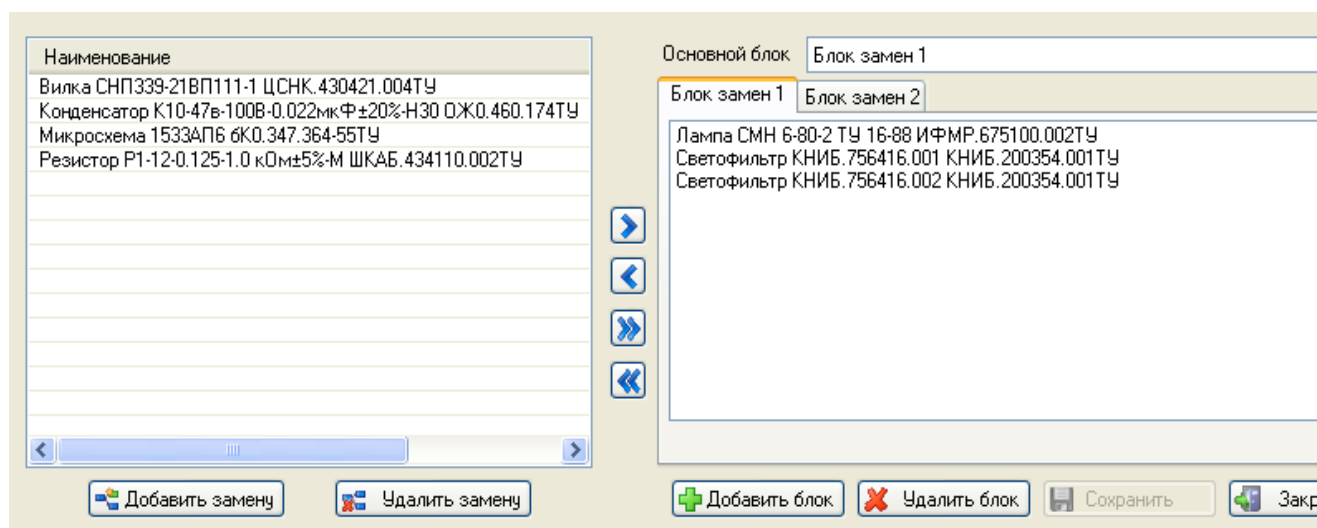


Рисунок 3.1.2.3 Интерфейс для замены элементов

В нижней части интерфейсного окна свойств ЭКВ можно увидеть все произведенные подборы и замены (рисунок 3.1.2.4).

В результате проведённых действий будет создан новый объект – ЭКВ, со стадией «разработка». Сохраненный в базе данных документ ЭКВ переходит под

контроль системы, где все дальнейшие действия по редактированию составов, параметров объекта ЭКВ протоколируются системой и приводят к автоматическому созданию новой версии документа с возможностью возврата на любую из них.

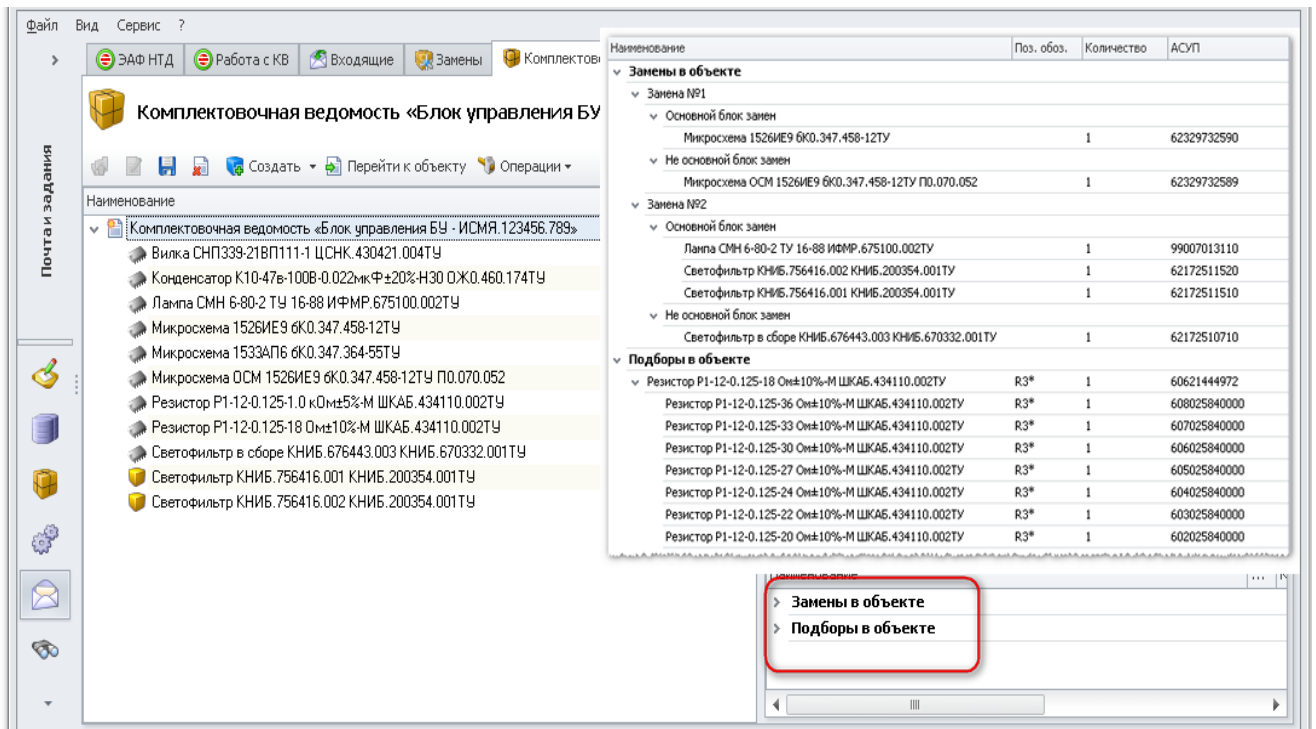


Рисунок 3.1.2.4 Интерфейс просмотра выполненных замен и подборов элементов

Процесс ввода в действие новых ЭКВ (изменение, аннулирование КВ) осуществляется автоматизированным способом путем выпуска электронного документа: извещения об изменении (ЭИИ), алгоритм согласования представлен на рисунке 3.1.2.5.

Поэтапное описание алгоритма:

Этап 1. Разработчик (специалист ТО) с помощью специального модуля запускает процесс согласования выбранного извещения. В процессе прохождения этапов бизнес-процесса на необходимые объекты и документы устанавливаются электронные подписи.

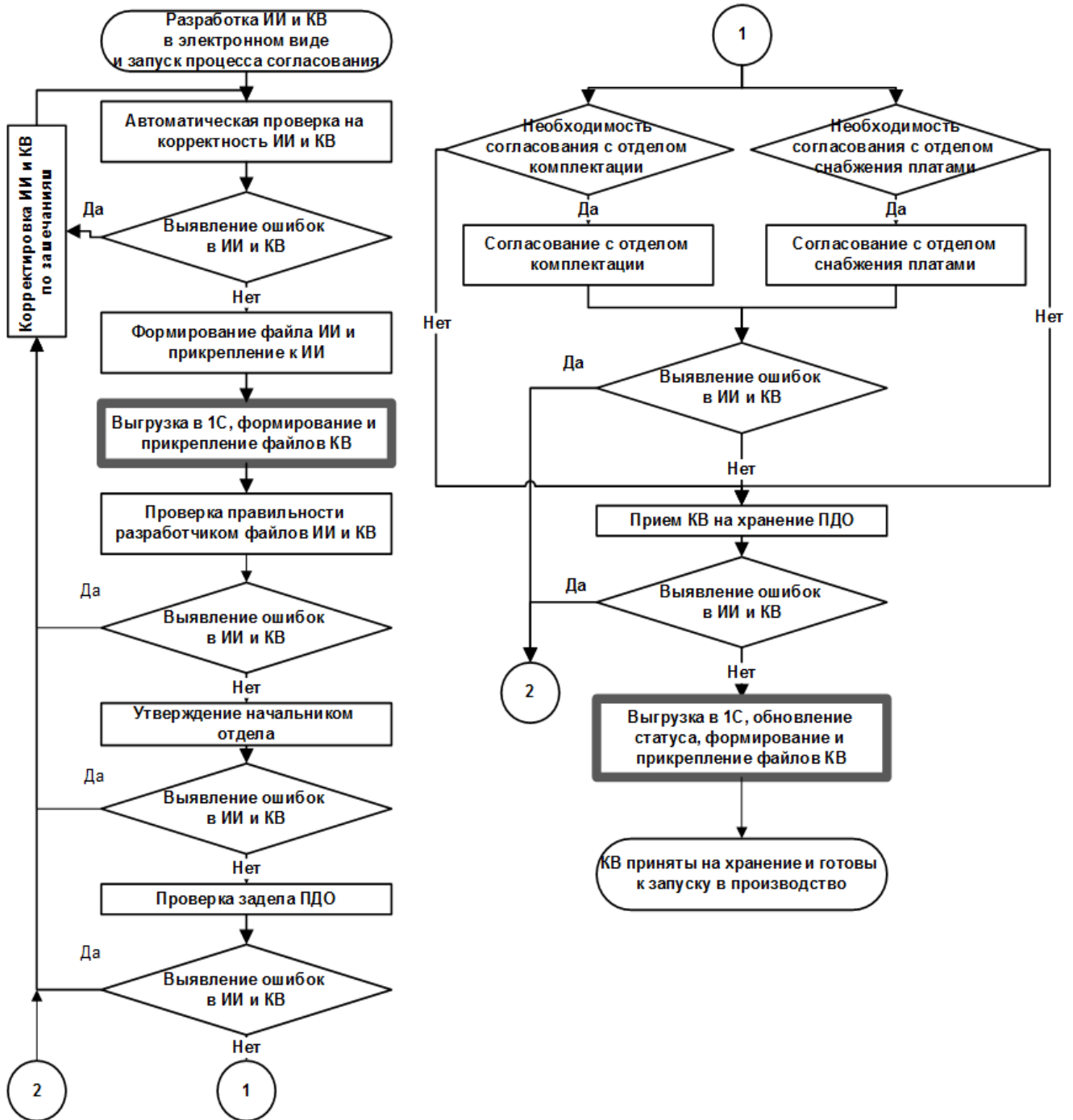


Рисунок 3.1.2.5 Алгоритм согласования ЭКВ

Этап 2. Электронные КВ и ИИ автоматически проходят предварительную проверку системой на корректность. При обнаружении ошибок разработчику приходит задание в системе T-Flex Docs на корректировку КВ и ИИ. После успешного завершения проверки разработанные электронные КВ и ИИ автоматически переходят на стадию «Согласование».

Этап 3. В системе T-Flex Docs формируется pdf-файл для данного ИИ и прикрепляется к объекту ИИ. На извещение в процессе согласования автоматически устанавливается электронная подпись разработчика. ЭКВ и ИИ автоматически выгружаются в систему 1С: УПП. В системе 1С: УПП генерируется pdf-файл для данной ЭКВ и заполняется согласно утвержденной на предприятии методике. Сформированный pdf-файл прикрепляется к соответствующей ЭКВ в системе T-Flex Docs.

Этап 4. Разработчик проверяет правильность заполнения полученных pdf-файлов и направляет ЭКВ и ИИ на проверку ведущему специалисту ТО, указав адресата задания.

Этап 5. Ведущий специалист ТО проверяет на корректность сформированные ЭКВ и ИИ, при наличии замечаний отправляет разработчику задание на корректировку, в случае соответствия направляет на согласование в ПДО.

Этап 6. Специалист ПДО проверяет корректность ИИ в части указаний о заделе, внедрении, после чего направляет ЭКВ и ИИ на согласование с отделом комплектации.

Этап 7. При отсутствии замечаний специалист ОК ставит электронную подпись на КВ и ИИ в системе T-Flex Docs.

Этап 8. Специалист отдела приобретения компьютерных составляющих проверяет по наименованию или обозначению заказываемые ПКИ, после чего задание переходит на согласование с ПДО.

Этап 9. Специалист ПДО проверяет электронные КВ и ИИ на правильность заполнения и соответствие СТО. При отсутствии замечаний специалист ПДО отправляет ИИ и ЭКВ на хранение, производя автоматизированным способом изменения в ЭКВ. В результате разработанные ЭКВ и ИИ переходят на стадию «Хранение».

По окончанию процесса согласования ЭКВ рассылается уведомление о размещении ИИ и ЭКВ в архив всем участникам процесса согласования.

3.1.3 Алгоритм и методы проведения изменений в ЭКВ, организация бизнес-процесса их согласования

После попадания ЭКВ на хранение блокируется полностью возможность её редактирования. Хранение ЭКВ с установленными ЭЦП осуществляется в PDM-системе. Подписанная ЭКВ является единственным оригиналом, т.к. только в данной системе имеются все подписи. Все остальные составы, находящиеся в других системах, и выгруженные автоматизированным способом являются точными копиями оригинала, при выгрузке им присваивается специальный атрибут.

В процессе хранения ЭКВ может возникнуть необходимость проведения изменений. Изменения могут быть двух видов: предварительное и основное. Предварительное изменение проводится на определённые номера комплектов или на определённый срок, после которого необходимо принять решение о перевыпуске КВ, либо возврате к старому варианту. Пример подобного изменения – модернизация изделия и его выпуск для проведения приемо-сдаточных испытаний (ПСИ), после которого принимается решение о переходе на модернизированный вариант, либо возврат на версию до модернизации. Основное изменение меняет состав с определённого комплекта без указания срока окончания его действия.

Изменение утверждённой КВ напрямую запрещено стадией «хранение» и отслеживается автоматически системой T-Flex Docs.

При внесении изменений возможно два вида действий с ЭКВ.

При изменениях до 30% от всего объема ЭКВ целесообразно их провести в существующем варианте КВ. В этом случае изменения отражают только корректировки в ЭКВ, следовательно, снимается необходимость сравнения двух документов до и после изменения.

При более масштабных изменениях целесообразнее произвести полный «перевыпуск» КВ, поскольку количество изменений достаточно велико и легче

оценивать уже новый документ.

Метод проведения изменений в существующем варианте КВ заключается в указании разработчиком следующей информации:

- исключение из состава какого либо объекта/объектов,
- включение в состав какого либо объекта/объектов с указанием параметров вхождения,
- изменение для какого либо объекта/объектов параметров вхождения,
- изменение параметров самого объекта КВ.

Проведение изменений методом создания варианта ЭКВ заключается в создании новой ЭКВ, но с некоторыми уточнениями:

- при создании варианта ЭКВ на основе имеющейся версии между ними будет установлена связь, позволяющая отследить все варианты ЭКВ на изделие;
- появляется возможность автоматического копирования состава и параметров с находящейся на хранении ЭКВ с действующего на данный момент оригинала. Это позволяет разработчику провести только необходимые ему изменения, не затрагивая остальное содержимое.

В случае проведения изменения методом создания варианта необходимо создание извещения об изменении. Оно будет содержать одно единственное действие – аннулировать действующую ЭКВ и ввести новый вариант ЭКВ, при проведении которого произойдет смена стадии имеющейся ЭКВ на «аннулировано», а новый вариант документа актуализируется.

После выбора разработчиком одного из трех нижеуказанных действий, система выполняет определенный алгоритм для получения соответствующих ЭКВ.

Различают следующие виды действий:

- «Ввод в действие» - при вводе новой ЭКВ;
- «Аннулирование» – при аннулировании ЭКВ;
- «Аннулирование и замена» – при изменении всевозможных параметров комплектующих (количество, примечание, сроки по протоколам согласования и т.д.). В этом случае вводимый документ является новой версией исходного.

Алгоритм проведения изменений документа выполняется бизнес-процессом согласования электронного извещения об изменении (ЭИИ) и состоит в следующем:

- при «Вводе в действие» – устанавливается стадия «Хранение», а к объекту «Изменения» прикрепляется извещение с литерой «Нов»;
- при «Аннулировании» устанавливается стадия «Аннулировано», а к объекту «Изменения» прикрепляется извещение с литерой «Аннул»;
- при «Аннулировании и замене» – происходит замена параметров и состава исходного документа и его нового целевого варианта, исключая необходимость дополнительного проведения изменений в родительских объектах документа.

Реализованная в ЕИП логика взаимодействия участников бизнес-процесса согласования ЭИИ и внутрисистемного функционального обмена представлена на рисунке 3.1.3.1.

Все этапы, выделенные в тонкие рамки, выполняются пользователями, этапы вне рамок - выполняются системами и программным модулем интеграции, включая дважды проводимый информационный обмен между системами - в утолщенных рамках: в самом начале бизнес-процесса и перед его завершением с возвратом визуализируемых экземпляров документов.

После окончания этапа разработки ЭКВ начинается этап ее использования в производстве.

3.1.4 Организация работ производственных подразделений и службы снабжения при подготовке сборочного производства с применением электронного производственного документа

Этап запуска изделий в производство — следующий этап жизненного цикла КВ после разработки — осуществляется в ERP-системе. В спецификации изделия

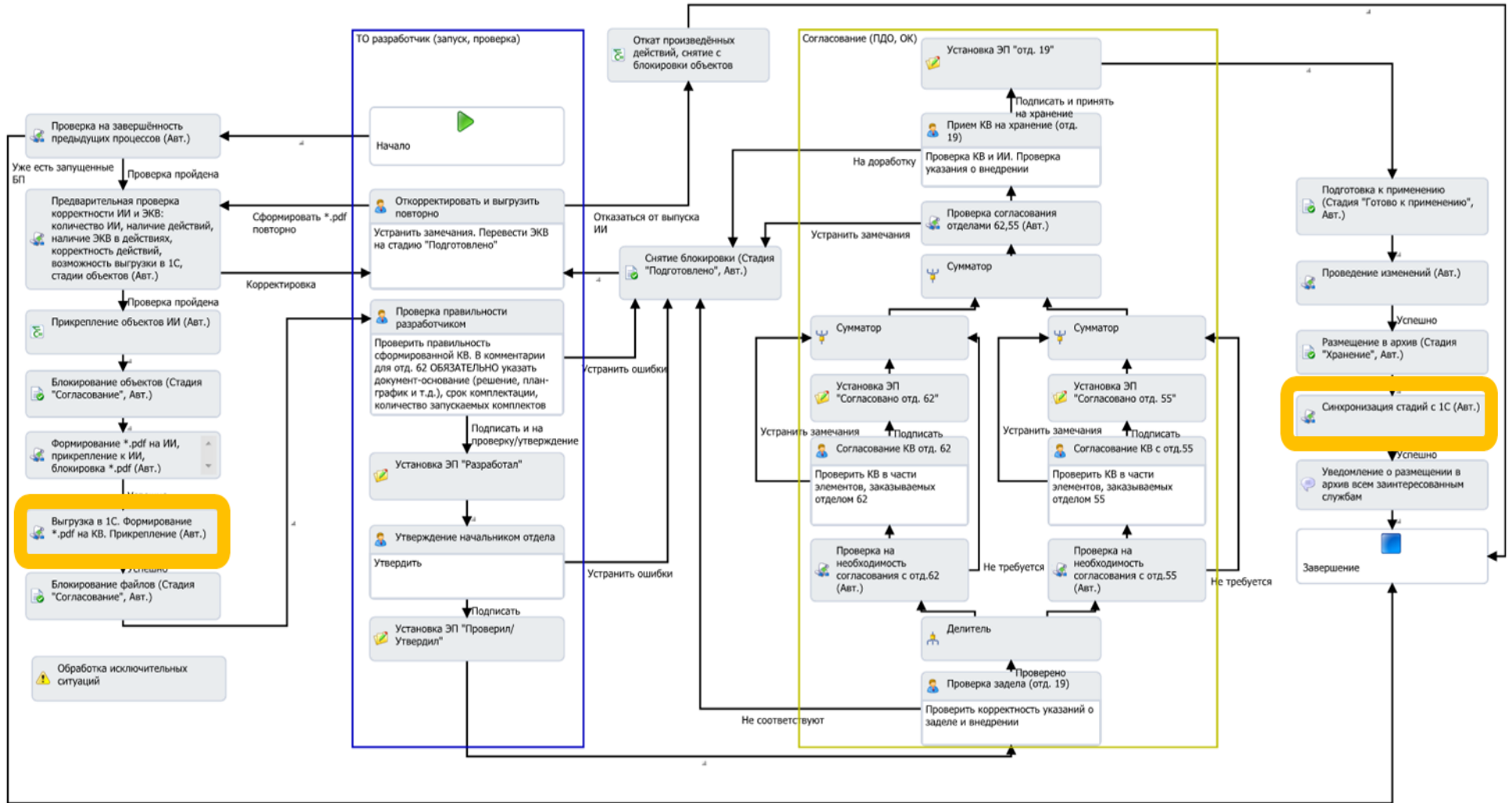


Рисунок 3.1.3.1 Бизнес-процесс согласования ИИ на ЭКВ

в ERP-системе загруженный из PDM-системы состав становится исходным и актуальным для ЭКВ. Появление в ERP-системе актуального электронного состава изделия, даже только в части ПКИ, предоставляет широкие возможности при организации производства, в частности:

- повышение прозрачности управления обеспечением ПКИ, их контроль за расходованием в сборочном производстве;
- поэтапный контроль процесса укомплектованности изделий до полной обеспеченности комплектующими изделиями;
- контроль актуального дефицита комплектующих в режиме реального времени в разных аналитических разрезах;
- возможность контроля отпуска со склада определенных типов и количества ПКИ в сборочные цеха под определенные изделия;
- возможность автоматизированного формирования плана закупок комплектующих изделий.

Использование ЭКВ в производстве происходит по функциональной схеме, представленной на рисунке 3.1.4.1, на основании планов производства, корректирующих служебных записок и др. в ERP-системе.

Запуск изделий в производство осуществляется документом «Заказ на производство» в специально разработанном интерфейсе, при этом системой производятся следующие действия:

- «Контроль проведенных изменений в спецификациях» для контроля отражения изменений в составах по запущенным в производство изделиям;
- «Контроль созданных и не проведенных КВ» - для поиска документов, по которым еще не было запуска в производство с выдачей сообщения пользователю.

Кроме того, пользователю доступен следующий функционал:

- «Журнал КВ» - используется с целью поиска документа по определенному изделию или номеру ЭКВ;

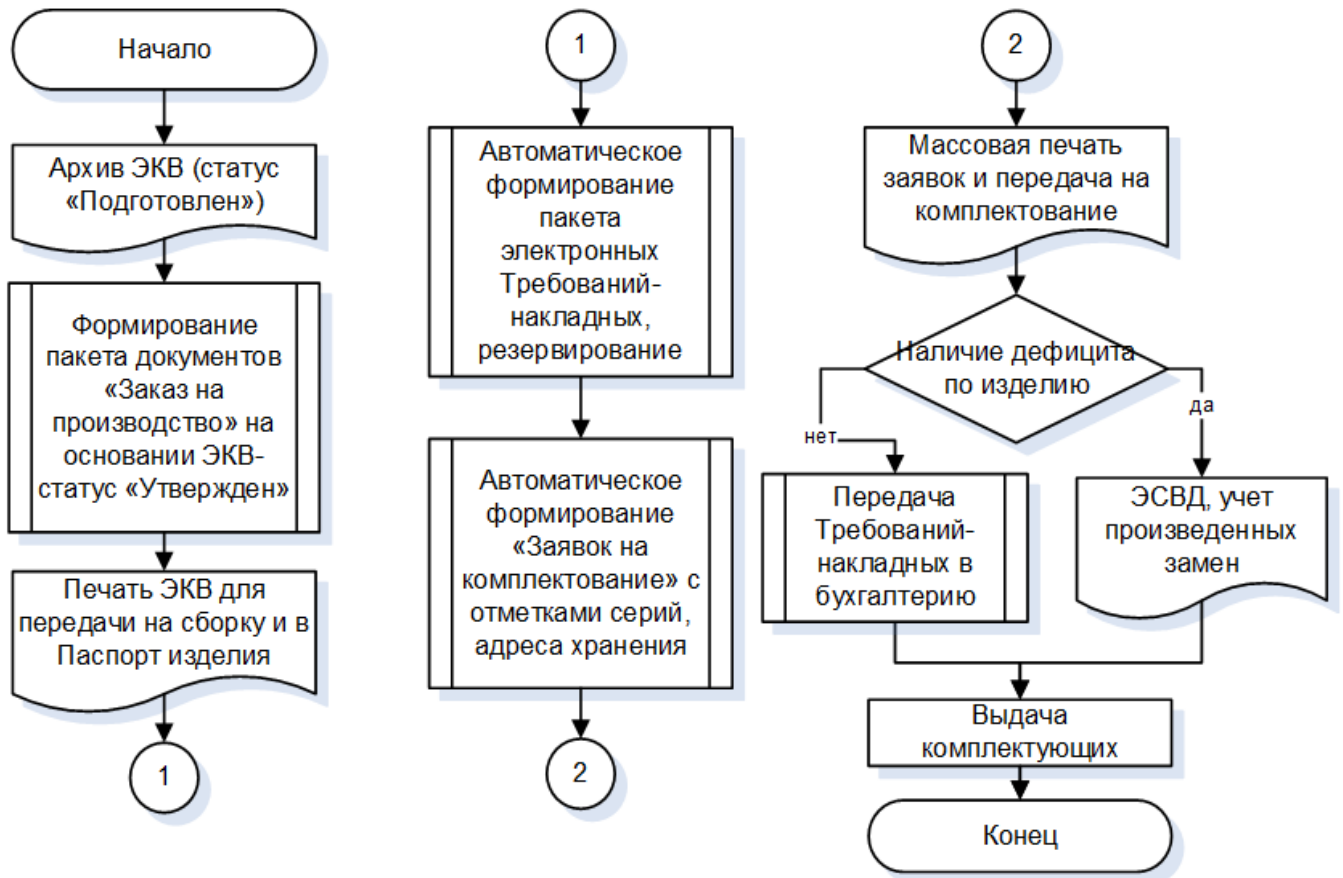


Рисунок 3.1.4.1 Функциональная схема поузлового комплектования изделий при работе с ЭКВ

- «Просмотр действующих и подготовленных спецификаций» - обеспечивает возможность анализа имеющихся версий состава выбранного изделия;
- «Формирование/Печать КВ» обеспечивает пользователя привычным печатным документом на время переходного периода к безбумажному документообороту по всему ЖЦИ.

Документ ЭКВ загружается в ERP-систему с состоянием «Подготовлен», перевод в статус «Утвержден» производится после заполнения специалистом ПДО дополнительных граф документа на изделие, его входящих блоков с указанием номеров экземпляров, номера КВ, количества единиц в таре, цеха-потребителя, номера учетного заказа, назначения: приемка ПЗ/ОТК, типовых испытаний и

прочей необходимой производственной информации.

В конечном итоге, распечатанный бумажный экземпляр документа, представленный в Приложении 3, с подписью начальника производства передается в сборочный цех и после выпуска изделия подшивается в его паспорт.

Кроме запуска изделий на изготовление существуют их доработки по техническим указаниям, решениям и др. и комплектование осуществляется по дополнительной или дефектной комплектовочной ведомости согласно инструкции специалистом ПДО. Специалист ПДО отслеживает проведенные корректировки запущенных изделий по ЭКВ и, в случае необходимости аннулирования запуска изделия, создается документ закрытия запуска. Если изделие было укомплектовано, то либо оформляется возврат ПКИ на склад комплектации, либо переносится с закрытой ЭКВ на новую, если ПКИ могут быть использованы для комплектации другого изделия ранее запущенного, но не укомплектованного.

Из «Заказа на производство» ответственным за комплектацию в сборочном подразделении создается пакет электронных документов «Требование-накладная» (ТН) с автоматической разбивкой по отдельным документам ТН на каждый печатный узел, входящий в конечное изделие. Сформированные в системе документы с оповещением склада комплектации отображаются в журнале «Требования-накладные» для формирования «Заявки на комплектование» с установкой лимитирования количества определенных ПКИ дополнительно разработанным алгоритмом.

В интерфейсе специалиста цеха предусмотрены следующие действия с документами:

- «Сводная ведомость дефицита» - существует в электронном виде, но может быть распечатана для оперативного совещания руководителю по закупкам;
- «Формирование ТН по подбору» - имеет возможность формирования документа на подбор с указанием количества и срока хранения ПКИ;
- «Формирование ТН по картам замены» - имеет возможность формирования документа на выписку со склада ПКИ взамен вышедших из строя

по акту.

После этого действия по работе с ЭКВ передаются на склад комплектации, где распечатываются и направляются в работу комплектовщикам документы «Заявки на комплектование». Пример одной из них приведен на рисунке 3.1.4.2.

Дата	Номер КВ	Номер ТН	Подразделение	Содержание	Назначение	Комплектовал
30.09.14	564	30160	Цех 15	Первичная комплектация	"Приемка ПЗ"	

Заявка на комплектование от 30.09.2014 (Первичная комплектация)

Номер ТН	Скомплектован	Подразделение	Номер КВ	Заказ	Конечное изделие	Текущее изделие
30160		Цех 15	564	6915ГЗ	ПФ	ПФ

Место хранения	Материальные ценности		Количество, шт		Серия
	наименование	артикул	затреб.	выдано	
C14-П06-Я05	2Д522Б дР3.362.029-01ТУ/02	62134251310	1		40210-0913-0938
	датой после:	07.2008			
C14-П06-Я05	2Т864А9 аА0.339.559ТУ	62224261690	2		47622-0314-0339
	датой после:	07.2008			

Комплектовал _____ Обработал _____
подпись расшифровка подписи подпись расшифровка подписи

Комментарий из ТН: КВ 564 ПФ к-ты: 56

Рисунок 3.1.4.2 Пример оформления документа «Заявка на комплектование».

Документ содержит отметки о срочности набора ПКИ на изделия: в первую очередь укомплектовываются заявки на дефицит (подбор - корешки этих заявок напечатаны серым цветом), первичная комплектация с обычными корешками - по стандарту предприятия на это отводится не более 3-х рабочих дней со времени поступления документа на склад. В заявке системой автоматически подбираются серии ПКИ, подходящие по срокам, указанным в КВ по предложенной математической модели в п.2.4, а также адреса их мест хранения.

После окончания комплектования корешки заявок заполняются, отрываются, прикрепляется к пакетикам с ПКИ и передаются кладовщикам для последующего отражения в документе «Требование-накладная» ERP-системы. С момента формирования документа «Требование-накладная» автоматически производится

четырёхэтапное изменение статуса:

- «Выписано» - сборочным цехом сформированы и направлены на склад ТН;
- «Отдано на комплектование» - складом обеспечивается комплектование по заявкам;
- «Набрано» - заявка складом скомплектована;
- «В производство» - пакеты с ПКИ переданы в сборочное производство.

Наличие в системе актуальных ЭКВ на изделия обеспечило возможность автоматизации процесса составления плана закупок ПКИ отделу снабжения по доработанным документам «План производства», «Помощник планирования» (Рисунок 3.1.4.3) и отчета «Анализ обеспеченности заказов на производство».

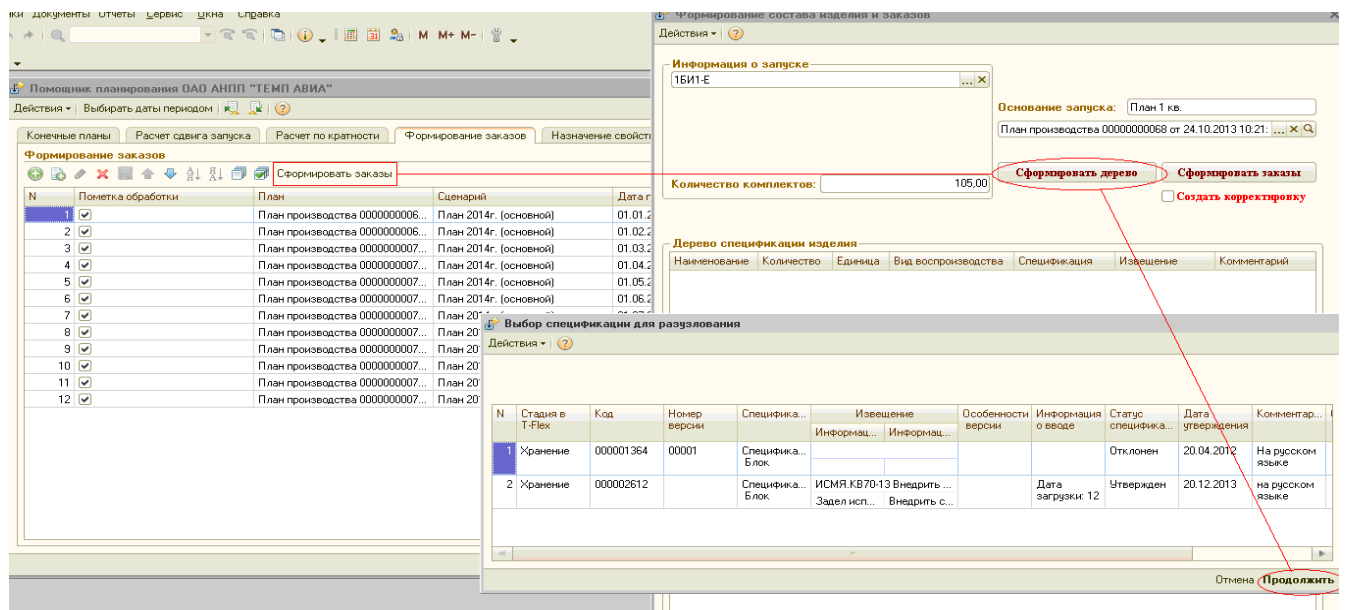


Рисунок 3.1.4.3 Помощник планирования по актуальному составу изделий

При составлении плана закупок ПКИ используется документ «План производства» с выбранным сценарием планирования, где на каждое изделие есть своя актуальная спецификация, а изменения пользователем вносятся в зависимости от того, входящие в состав изделия блоки будут изготавливаться собственными

силами или приобретаться по кооперации.

Расчет потребности в ПКИ обеспечивается обработкой «Помощник планирования». При этом заполняются документы планирования согласно выбранному сценарию со сроками выпуска, производится «Расчет сдвига запуска» изделий, «Расчет по кратности», а общее количество изделий разбивается на партии. После этого формируется пакет документов «Заказ на производство» в отчете «Анализ обеспеченности заказов на производство» (Рисунок 3.1.4.4), где отражены как потребность в ПКИ по плану, так и перечень комплектующих с учетом имеющихся запасов и неполученных по заявкам поставщикам ПКИ.

Анализ обеспеченности заказов на производство. Настройка: План по месяцам с изделиями						
Конечное изделие Номенклатура	Основной поставщик	Ценовая группа	Февраль 2015 г. Потребность	Обеспечение		Март 2015 г. Потребность
				Остаток на складе	Ожидаемый приход	
ИСРП-26			3 867,000	941,15	993,83	
ИСРП-35			640,000	861,14	1 580,26	
ИСРП-50						
Координатор ГС-25			245,000	47,33	633,33	161,000
Привод электромеханический ПЭ	ОАО "Мичуринский завод Прогресс"	Электронные блоки	35,000	-	-	23,000
S2-29В-0.125-2.21 кОм±1%-1.0-А ОЖ0.467.099ТУ		Резисторы	140,000	98,00	600,00	92,000
СП5-3В-1Вт-10 кОм±5% ОЖ0.468.539ТУ		Резисторы	70,000	44,00	1 300,00	46,000
МГВ-4В			145,000	1 736,04	876,88	290,000
Микроблок			1 512,000	1 574,00	1 532,33	1 512,000
Микросборка			170,000	343,80	670,00	170,000
МКС-1В			1 083,000	366,39	127,73	1 045,000
Ограничитель А-3М2						
ПП-77МК						
С56						78,000
УКТ-4РС			678,000	1 298,66	441,52	565,000
Ц-074			3 094,000	659,57	287,42	
Ц-074			1 542,000	648,14	275,90	402,000
Ц-074У			15 376,000	1 173,86	707,38	15 376,000
Ц-074УМС			27,000	1,33	1,33	27,000
Блок БИНС-УМ		Электронные блоки	9,000	-	-	9,000
Блок специального канала БСК		Электронные блоки	9,000	1,00	3,00	9,000
Блок управления и стабилизации БУС-УМС		Электронные блоки	9,000	3,00	1,00	9,000
Итого			100 526,080	987,20	661,09	99 087,080

Рисунок 3.1.4.4 Анализ обеспеченности производственных заказов

Таким образом, с помощью разработанных и представленных средств автоматизации и компьютеризации жизненного цикла производственного документа «Электронная комплектовочная ведомость», спроектирован единый процесс информационного обеспечения комплектующими мелкосерийного производства приборостроительного предприятия.

3.2 Жизненный цикл производственного документа «Электронная материально-расцеховочная ведомость»

3.2.1 Организация работ производственных подразделений и службы снабжения при подготовке механического производства с применением электронного производственного документа

Предложенная на рисунке 3.2.1.1 схема организации взаимодействия подразделений при подготовке механического производства, измененные в связи с этим бизнес-процессы информационного обеспечения производства основаны на процессе автоматизированного формирования электронных документов: ЭСИ, ЭТП, ТСИ, и, как результат, ЭМРВ - электронной материально-расцеховочной ведомости, которая представляет собой документ, полученный по определенному алгоритму из ТСИ с добавлением сводных норм трудоемкости и уточнением маршрута изготовления.

3.2.2 Организация бизнес-процесса формирования электронной структуры изделия и проведения в ней изменений

Ниже представлены и кратко описаны процедуры формирования и согласования электронных структур изделия и электронных технологических процессов, а также их актуализации с целью обеспечения соответствия ЭСИ и конструкторской документации на бумажном носителе в переходный период к полному отказу от бумажных носителей.

Процесс проведения изменений в ЭСИ (ввод новой ЭСИ тоже производится извещением) осуществляется от созданного ранее извещения об изменениях, используемого при первоначальном запуске процесса предварительного согласования и находящемся на стадии «Рабочая».

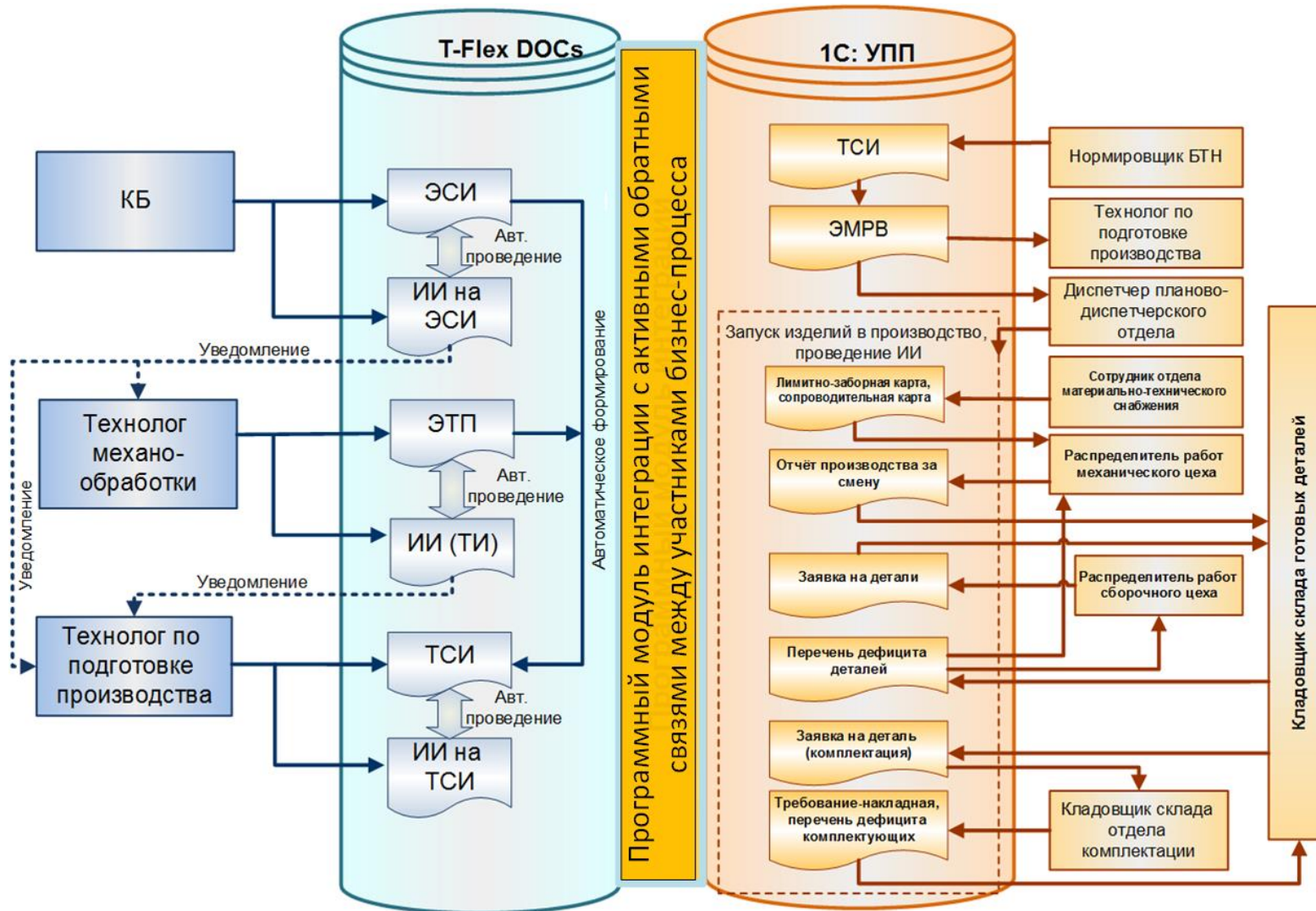


Рисунок 3.2.1.1 Схема организации взаимодействия подразделений при подготовке механического производства

Далее представлена последовательность действия участников при проведении изменений в ЭСИ.

Выпуск электронного извещения на изменение (ЭИИ) ЭСИ может идти последовательно, т.е. после проведения изменений в бумажной документации и параллельно – одновременно с бумажными извещениями на изменение (ИИ).

Описание процесса разработки ЭИИ при последовательном выпуске ИИ.

При выпуске электронного извещения на изменение ЭСИ после проведения изменений в КД на бумажном носителе, в графе «Причина изменения» указывается номер бумажного извещения путем выбора по связи из справочника «Извещения об изменении» (т.е. выбирается учтенное бумажное ИИ).

До учета выпускаемому ЭИИ разработчиком автоматически (с помощью команды «Назначить номер») назначается временное обозначение (например, ЭИИ_1) для идентификации объекта.

Описание процесса разработки ЭИИ при параллельном выпуске ИИ.

Графы «Указание о заделе», «Указания о внедрении», «Причина изменения» должны соответствовать бумажному извещению, выпускаемому параллельно с электронным, ответственность за их соответствие несет разработчик. ЭИИ также автоматически назначается временный номер.

Разработчик выбирает следующие действия для изменения ЭСИ (в *одном извещении может выбирать как одно, так и несколько действий*):

1) «Аннулирование» – указанное действие назначается с целью аннулирования документа, находящегося на «Хранении». При выполнении действия на этапе процесса «Проведение изменений» аннулируемый объект исключается из состава, указанного разработчиком (переходит на стадию «Аннулировано»).

Если объект заимствуется в других сборках, то назначенным ответственным из отделов-разработчиков за эти сборки приходит уведомление о проведенном изменении.

2) «Аннулирование и замена» – аннулируемая ЭСИ должна находиться на

стадии «Хранение», а вводимая вновь – на стадии «Разработка» или «Корректировка».

При аннулировании и замене разработчиком создается новый вариант номенклатурного объекта (карточки документа). *До утверждения и передачи на хранение будут существовать два номенклатурных объекта: действующий (доступный для работы) и временно созданный (доступный только отделу-разработчику и утверждающим лицам), отличающийся от действующего номером версии.*

На последнем этапе применения ЭИИ аннулируется действующий объект, а утвержденный новый вариант заменяет основной объект, предыдущая версия объекта и файла переходит на стадию «Аннулировано», новая версия объекта переходит на стадию «Учет» (переход на «Хранение» осуществляется после учета и прикрепления файла документа).

3) *«Ввод в действие»* – вводимая ЭСИ должна находиться на стадии «Разработка». Это действие позволяет ввести в действие номенклатурный объект, находящийся на стадии «Разработка», если объект вводится впервые и не имеет исходного варианта, находящегося на «Хранении».

4) *«Изменение реквизитной части документа»* - изменяемый номенклатурный объект должен находиться на стадии «Хранение», при этом возможны три действия: «Изменение наименования или обозначения», «Изменение первичной применяемости», «Перевод в литеру».

При назначении любого из действий выбирается номенклатурный объект и указываются значения измененных параметров, при заполнении параметра «Литера» заполняется также параметр «Основание изменения литеры документа», в котором указывается номер решения по изменению литеры документа.

5) *«Ввод вновь»* – номенклатурный объект вводится впервые по электронному предварительному извещению (ЭПИ) и не имеет исходного варианта, находящегося на «Хранении», это действие позволяет ввести в действие документ (временно) со стадией «Разработка».

6) *«Аннулирование ПИ»* – аннулируемое ПИ должно находиться на стадии «Хранение». При назначении действия выбирается созданное и проведенное ранее ЭПИ. При выполнении назначенного действия на этапе процесса «Проведение изменений» с использованием ПО получают из выбранного ЭПИ все действия типов: «Ввод вновь» и «Аннулирование и замена по ПИ» и объекты из них (т.е. только те документы, которые были введены в действие связанным ЭПИ). Переводятся все объекты на стадию «Аннулировано», прикрепляя текущее ЭПИ в список объектов изменения к каждому из них с литерой «Аннул. ПИ».

7) *«Погашение ПИ»* – погашаемое ЭПИ должно быть на стадии «Хранение». При проведении данного действия на этапе процесса «Проведение изменений» с использованием ПО проверяются и выбираются объекты из действий «Ввод вновь», находящиеся на стадии «Действует по ПИ». При автоматическом изменении объект, находящийся на стадии «Действует по ПИ» переходит на стадию «Учет». На этапе учета происходит регистрация бумажного ИИ, а также осуществляется связь бумажного и электронного ИИ.

8) *«Частичное погашение ПИ»* – частично погашаемое ЭПИ должно находиться на стадии «Хранение», а вводимая в действие ЭСИ – на стадии «Действует по ПИ». Разработчик осуществляет запуск процесса предварительного согласования, руководствуясь внутренними документами предприятия.

Утверждающее лицо проверяет соответствие документации в электронном и бумажном виде. При положительной проверке, устанавливается подпись утверждающего, при отрицательной – отправляется на корректировку разработчику.

Если одновременно предоставлено извещение на бумажную документацию и электронное ИИ на ЭСИ, то проверяется их соответствие.

Учет спецификации осуществляется в установленном порядке при наличии документации на бумажном носителе.

На Рисунке 3.2.2.1 представлена схема бизнес-процесса утверждения ИИ (ПИ).

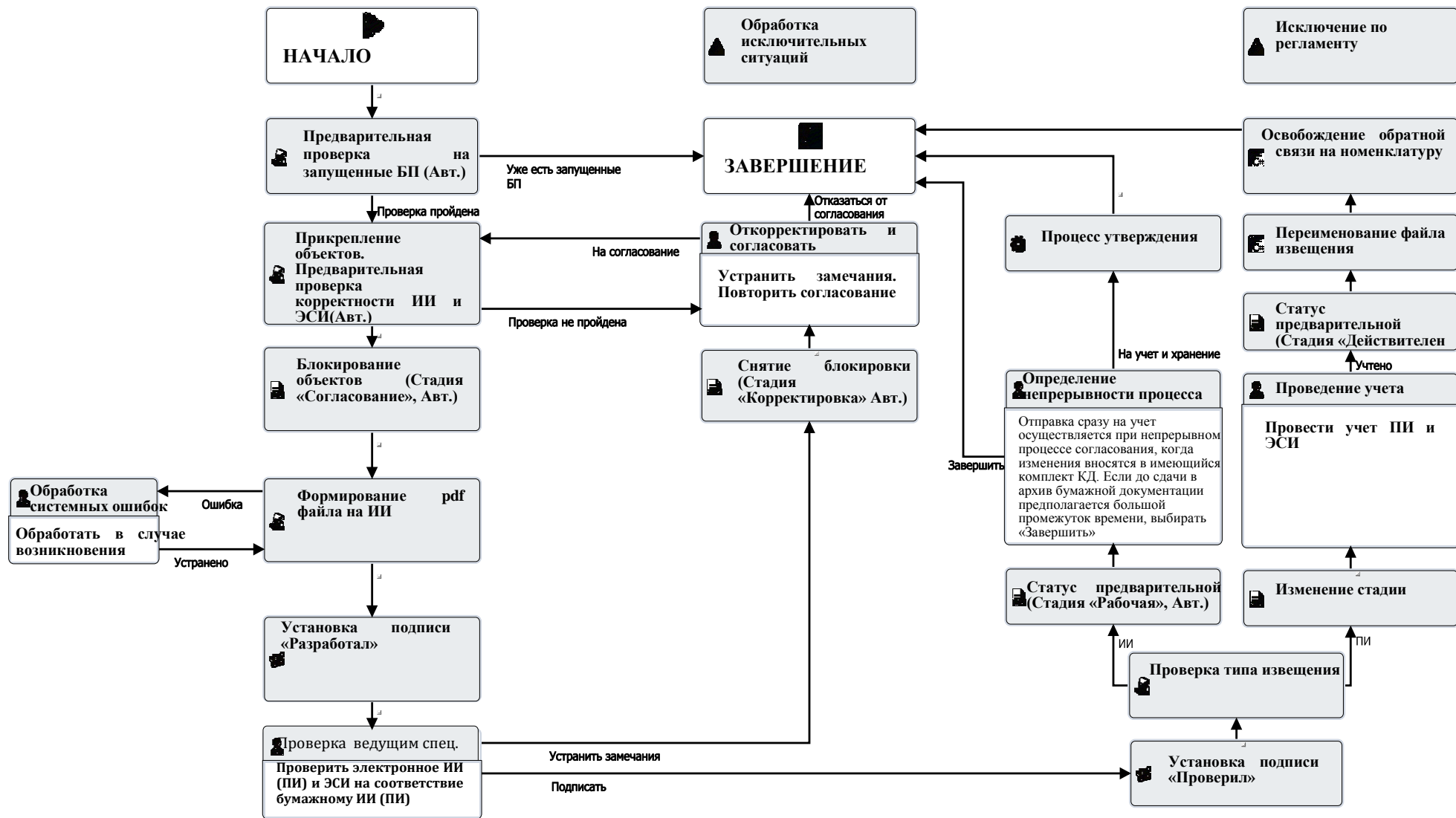


Рисунок 3.2.2.1 Схема бизнес-процесса утверждения ИИ (ПИ) на ЭСИ

Рассмотрим поэтапное описание выполняемых действий участниками рассматриваемого бизнес-процесса.

Этап 1. *«Проверка на запущенные БП»* -осуществляется программная проверка на факт наличия уже запущенного процесса. Если такой процесс уже существует, то запускаемый процесс завершится, и все работы должны проводиться по ранее запущенному процессу.

Этап 2. *«Прикрепление объектов. Предварительная проверка корректности ИИ и ЭСИ (или номенклатурного объекта)»* - осуществляется прикрепление к процессу объектов, указанных при назначении действий ИИ (ПИ) и проверка корректности созданных номенклатурных объектов.

Этап 3. *«Изменение стадии «Согласование»* - происходит автоматическое блокирование номенклатурных объектов (ЭСИ) и ИИ.

Этап 4. *«Утверждение ЭСИ»* - происходит утверждение электронного ИИ (ПИ) и номенклатурного объекта (в зависимости от назначаемого действия).

Этап 5. *«Установка подписи «Утверждено»* - автоматически устанавливается электронная подпись утверждающего.

Этап 6. *«Стадия «Утверждено»»* - электронное ИИ, объект переходит на стадию «Утверждено».

Этап 7. *«Проведение контрольной проверки»* - осуществляется проверка на соответствие бумажной документации.

Этап 8. *«Установка подписи «Проверил»* - автоматически устанавливается электронная подпись проверяющего.

Этап 9. *«Подготовка к применению «Стадия «Готово к применению»* - осуществляется смена стадии электронного ИИ на стадию «Готово к применению».

Этап 10. *«Проведение изменений»* - автоматически выполняются все назначенные действия извещения, создаются или заполняются карточки учета в зависимости от назначенных действий. Если при выполнении действий возникают ошибки, то осуществляется переход на подэтап 10а.

Подэтап 10а. «Обработка системных ошибок администратором» - осуществляются проверка и отладка системных ошибок.

Этап 11. *«Установка подписей с предыдущих этапов»* - осуществляется проверка установленных подписей на предыдущих этапах.

Этап 12. *«Проведение учета»* - проводится учет ИИ и нового варианта ЭСИ.

Этап 13. *«Копирование списка ИИ»* - список изменений копируется в карточку электронного документа на вкладке «Извещения об изменении».

Подэтап 13а. «Обработка системных ошибок администратором» - осуществляются проверка и отладка системных ошибок с этапа 13.

Этап 14. *«Проверка на использование аннул. ДСЕ в процессах»* - осуществляется проверка наличия выпущенных технологических процессов на объект извещения (если объектом извещения была деталь или сб. единица).

Этап 15. *«Указание необходимости проработки изменения»* - технологом приходит задание на проработку изменения используемой ДСЕ (детали, узла).

Этап 16. *«Уведомление о проведении ИИ»* - осуществляется автоматическая рассылка уведомления о проведенном изменении разработчику.

Этап 17. *«Снятие блокировки (стадия «Корректировка»)* - происходит автоматическое снятие блокировки объектов (кроме объектов, находящихся на стадии «Проверено ОС и ТД», «Учтено», «Хранение»).

Этап 18. *«Откорректировать и согласовать»* - разработчиком ЭСИ проводятся корректирующие действия согласно выданным замечаниям.

Этап 19. *«Прикрепление объектов. Предварительная проверка корректности ИИ и ЭСИ»* - осуществляется прикрепление объектов заданных при назначении действий ИИ (ПИ) и проверка корректности созданных номенклатурных объектов.

Этап 20. *«Блокирование объектов (стадия «Согласование», Авт.)* - происходит автоматическое блокирование номенклатурных объектов (ЭСИ) и ИИ.

Этап 21. *«Формирование pdf файла на ИИ»* - формируется pdf файл извещения, содержащий описание назначенных действий, если при его формировании возникли ошибки или файл не формируется, то осуществляется переход на подэтап 21а.

Подэтап 21а. «Обработка системных ошибок» - осуществляются проверка и отладка системных ошибок.

Этап 22. *«Установка подписи «Разработал»* - автоматически устанавливается подпись разработчика.

Этап 23. *«Проверка ведущим специалистом»* - ведущий специалист отдела-разработчика осуществляет проверку соответствия электронного извещения бумажному ИИ (ПИ).

Этап 24. *«Установки подписи «Проверил»* - автоматически устанавливается электронная подпись ведущего специалиста.

В результате выполненных действий в архив ложится электронная структура изделия новая или с последними изменениями, которую используют, прежде всего, технологи для создания электронной технологической документации, а впоследствии - для технологической структуры изделия и построения материально-расцеховочной ведомости.

3.2.3 Организация бизнес-процесса согласования технологического процесса и проведения в нем изменений

Создание ЭТП производится технологом на основании выбранной ЭСИ в интерактивном режиме, выбирая из соответствующих справочников материалы, заменители, заготовки, размеры, технологические операции и др., но выходит за рамки данной работы и автором не рассматривается.

Для созданного ЭТП технолог запускает процесс согласования и утверждения ЭТП с использованием электронной подписи. Бумажный экземпляр печатается в самом конце согласования после установки утверждающей подписи. При выявлении ошибок и недочетов в ЭТП на любом этапе согласования процесс возвращается назад технологу-разработчику.

На последнем этапе утверждения общий файл комплекта технологической документации и ЭТП, с которого он получен, автоматически переводятся на

стадию «Хранение». ЭТП блокируется от корректировок и все дальнейшие действия над ним проводятся только через электронное технологическое извещение (ЭТИ). Изменения в согласованном и утвержденном ТП могут касаться самого ТП (изменение параметров ТП, добавление или удаление операции), операции (изменение параметров операции, добавление или удаление переходов) или перехода (изменения параметров перехода).

Для изменения ТП технолог в справочнике «Извещения об изменениях» создает объект электронного технологического извещения (ЭТИ). При необходимости к объекту ЭТИ прикрепляется конструкторское ИИ, на основании которого проводится ЭТИ. Все конструкторские ИИ регистрируются в справочнике «Извещения об изменениях». При этом выбираются из списка значения следующих граф: «Причина изменения», «Указание о заделе», «Указание о внедрении», «Разослать».

Созданный объект ЭТИ автоматически фиксируется в электронном журнале регистрации изменений.

Технолог запускает процесс автоматического проведения ЭТИ (исходный ТП, а также все его дочерние объекты всех уровней переводятся на стадию «Аннулировано»; новые объекты ТП вместе со всеми дочерними объектами всех уровней переводятся на стадию «Хранение»; формируется новый файл pdf комплекта документов и переводится на стадию «Хранение», исходный файл pdf переводится на стадию «Аннулировано»). Визуально в дереве ТП аннулированные ТП (операции, переходы) вычеркиваются, новые отмечаются стадией «Хранение».

Соответствие ЭСИ бумажной конструкторской документации обеспечивается конструктором путём первично проводимой актуализации ЭСИ, и последующего одновременного проведения изменений в электронной и бумажной документациях. Для этого конструктор вместе с бумажным извещением на изменение КД разрабатывает электронное ИИ на ЭСИ. В последнем случае, при проведении изменений производится автоматическая рассылка электронных копий в технологические подразделения для проведения актуализации ЭТП. При получении ЭИИ, проведенного на изменение ЭСИ, технолог оценивает

необходимость и объемы проведения изменений в ЭТП. Технолог запускает бизнес-процесс автоматизированного проведения изменений в ЭТП, если изменение ЭСИ затронуло ЭТП, в результате производится автоматическая пересылка электронной копии ИИ технологу по подготовке производства - разработчику ТСИ.

Схема бизнес-процесса согласования ЭТП и проведения изменений представлена на рисунке 3.2.3.1.

Использование при проведении изменений технологического процесса электронного документа параллельно с бумажным вариантом приводит к его перепечатке, что неэффективно при объеме одного экземпляра в 20-120 листов, поэтому разработан алгоритм и программа подготовки изменений в печатном экземпляре комплекта технологической документации для минимальной замены листов [42]:

- сведено к минимуму количество листов комплекта документов, подлежащих замене после проведения изменений;
- в автоматическом режиме производится определение листов комплекта технологической документации, подлежащих замене после проведения изменений.

Разработанная программа при полном переходе на безбумажную технологию будет не нужна.

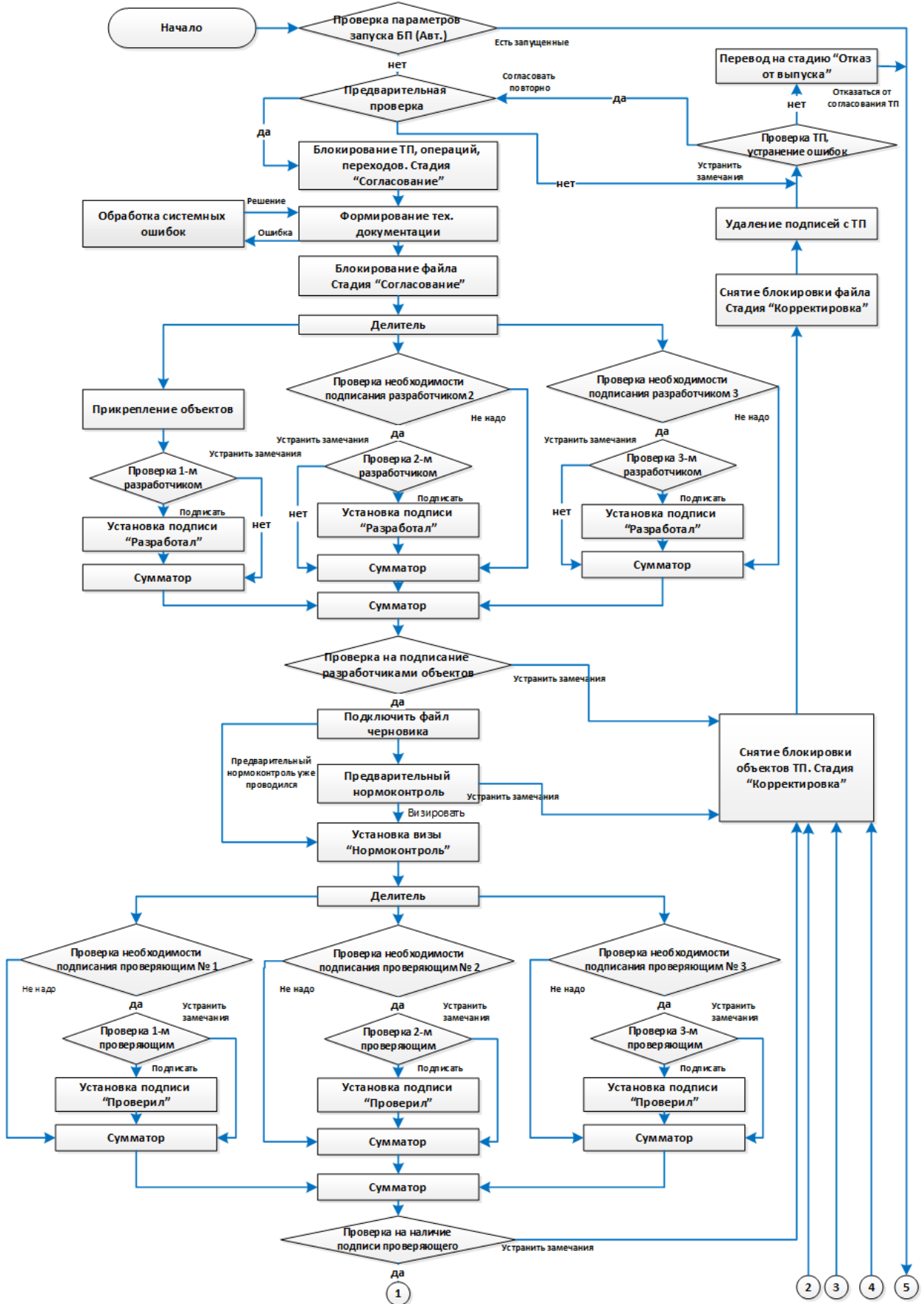


Рисунок 3.2.3.1 Начало схемы бизнес-процесса согласования и проведения изменений ЭТП

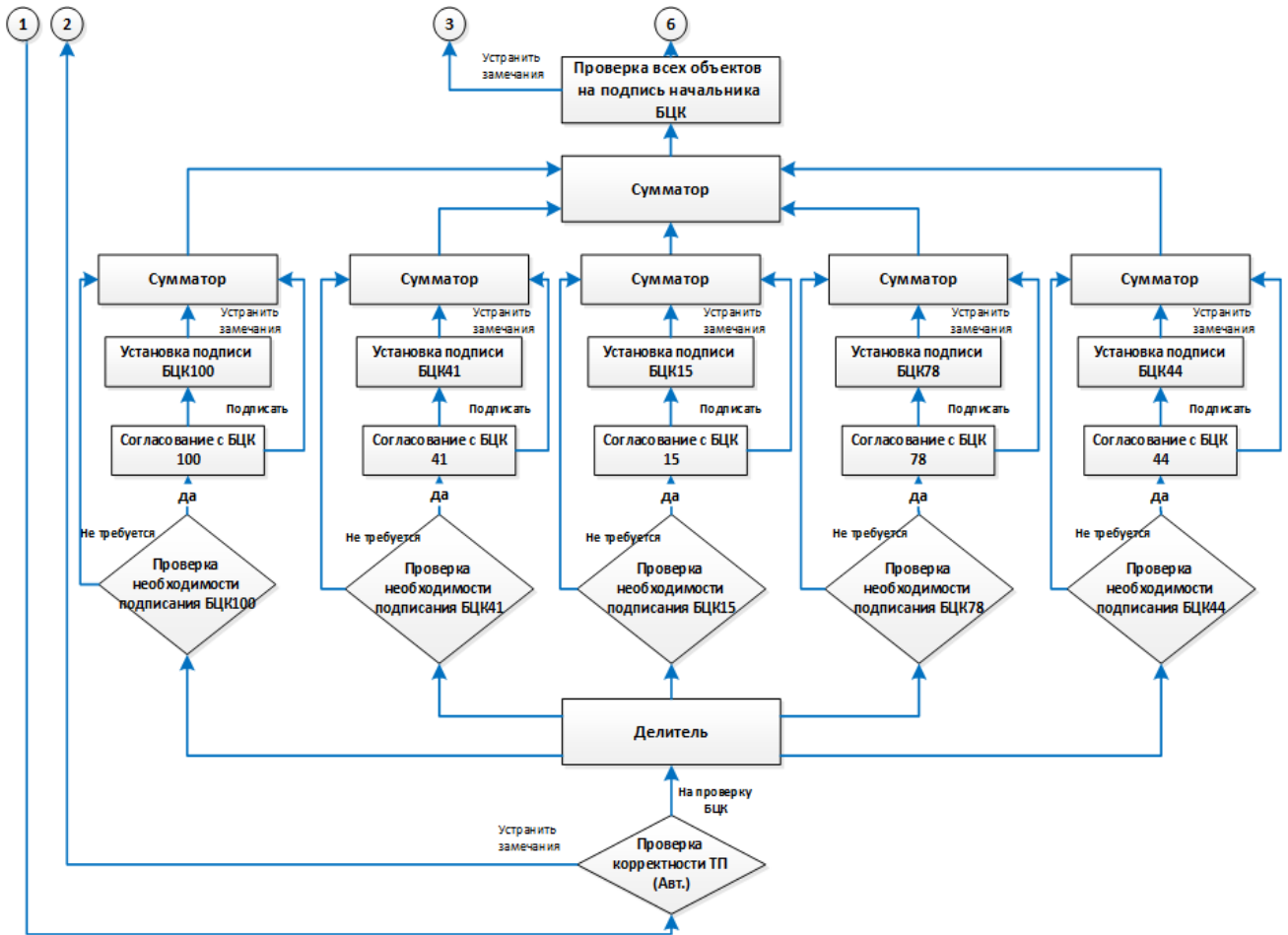


Рисунок 3.2.3.1 Окончание схемы бизнес-процесса согласования и проведения изменений ЭТП

3.2.4 Алгоритм автоматизированного формирования технологической структуры изделия и проведения в ней изменений

Создание новой или корректировка имеющейся технологической структуры изделия производится автоматизировано с помощью электронного извещения на изменение. При выпуске ИИ технологом выбирается одно из четырех действий, которое система должна произвести с прикрепленным к ТСИ извещению:

- «Ввод в действие» - при вводе структуры;
- «Аннулирование» – при аннулировании структуры;
- «Аннулирование и замена» – используется для изменении параметров

входящих в структуру составляющих объектов;

– «Добавление технологической карты» - используется для входящих деталей изделия при изменении параметров технологического процесса изготовления (материалы, параметры заготовки, маршрут изготовления и т.д.) без изменения иерархических связей.

Бизнес-процесс согласования/утверждения ЭИИ вместе с прикрепленными к нему структурами осуществляется под управлением PDM-системы и представлен на рисунке 3.2.4.1.

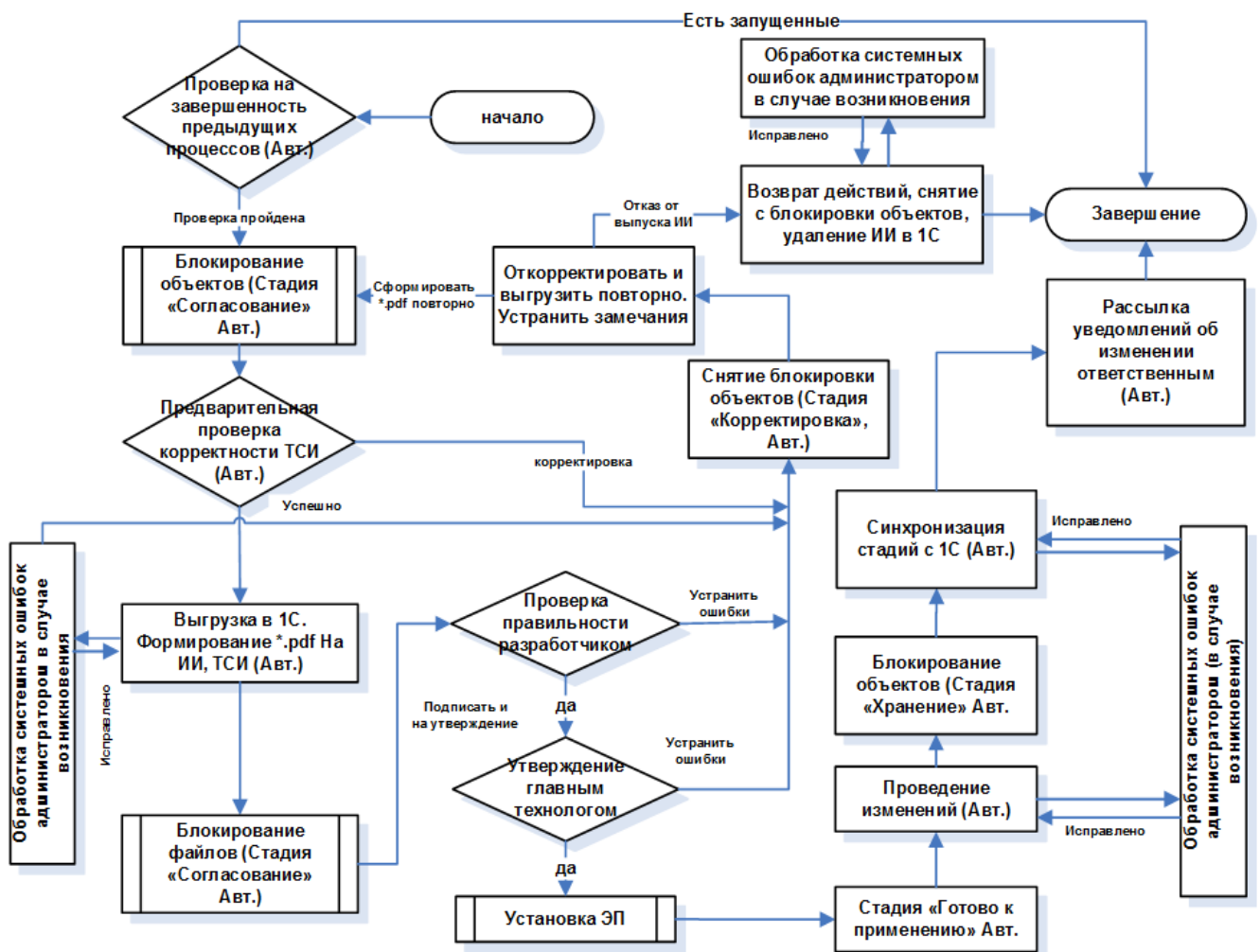


Рисунок 3.2.4.1 Бизнес-процесс утверждения ИИ на ТСИ: Авт.-автоматически.

Основные этапы прохождения бизнес-процесса:

– наложение системой запрета на редактирование согласуемых документов

в начале согласования при установлении стадии «Согласование»;

- запуск макроса по проверке корректности параметров объектов структуры и входящих в неё узлов и деталей;

- при выявленных ошибках в ИИ, ТСИ или входящих объектах стадия меняется на «Корректировку», направляя задание разработчику структуры на редактирование некорректно заданных параметров. Если ошибок не обнаружено, PDM-система производит выгрузку информации в ERP-систему. Обмен осуществляется через программный модуль интеграции с промежуточной, имеющей чётко регламентированную табличную структуру, базой данных. При этом системой производится заполнение табличных полей необходимой информацией и запускается первый раз «Информационная петля» обмена с ERP-системой. В результате формируется электронная версия печатной формы ТСИ в формате *.pdf (см. Приложение 4) и возвращается контроль управления бизнес-процессом системе, которая передает прикрепленный *.pdf файл технолог-разработчику. Согласно присланному заданию технолог проверяет корректность сформированной ЭМРВ и принимает решение либо об изменении документов, либо о передаче на утверждение для установки на документы электронной подписи. Лицо, назначенное для утверждения, аналогично этапу разработки, принимает одно из двух решений: направить на корректировку, указав в текстовом виде свои замечания, либо утвердить, продолжив бизнес-процесс;

- фиксирование проведенных изменений согласно определенных разработчиком действий по ИИ структуры;

- после размещения документа в архиве автоматически производится его перенос в виде вторичной "информационной петли" в 1С: УПП, информируя, таким образом, ERP-систему об окончании процесса утверждения ИИ и ТСИ, что определяет готовность применения в производственной системе для дальнейших действий. В завершении бизнес-процесса производится рассылка уведомления подразделениям предприятия о возможном использовании документа.

3.2.5 Применение разработанного документа ЭМРВ в процессе подготовки производства приборостроительного предприятия

Заполнение сводных норм трудоемкости. Переданная в ERP-систему технологическая структура поступает нормировщику для оценки трудоемкости изготовления деталей в специально созданном интерфейсе, где производится как первичное нормирование, так и тиражирование ранее заполненных документов, формирование различных вариантов отчетов по трудоемкости, согласовывание установленных норм своей электронной подписью с передачей на утверждение главному технологу - после этого технологическая структура становится полноценной ЭМРВ, готовой к производственному использованию.

Разработка процесса формирования производственной программы механического производства и контроля ее выполнения. Запуск изделий в производство выполняется партиями, при этом указывается: количество изделий в партии, порядковые номера комплектов продукции. Автоматизированным способом специалистом ПДО запускаются подетальные программы изготовления в ERP-системе на основании утвержденной ЭМРВ исходя из планируемого объема выпуска изделий.

При поступающих извещениях об изменениях в уже запущенных программах производится корректировка и замена либо комплектная, либо выборочная распечатанных экземпляров в цехах. Существуют следующие виды замен:

- покупной детали по кооперации на деталь собственного производства и наоборот;
- одной детали на другую деталь;
- изменение общего количества деталей (например, при последующей частичной кооперации);
- дополнительный запуск определенной партии деталей по конкретной программе.

Специалист склада готовых деталей агрегирует информацию по каждой производственной программе и контролирует комплектность сдачи деталей по

производственным программам для обеспечения сборочного производства.

Выдача деталей в сборочное производство проводится по-разному:

– на всю производственную программу некоторыми пулами, уточняемыми конкретным сборочным подразделением в зависимости от его загрузки. В этом случае в рамках одного "Заказа на производство" сборочным цехом оформляется несколько документов «Заявка на деталь» с указанием количества и конкретных номеров комплектов по каждой заявке;

– от сборочных цехов направляется несколько документов «Заявка на деталь» по выбранной программе, а сотрудником СГД в каждом документе вводится фактическое количество изготовленных деталей по остаткам на складе.

При наличии отклонения затребованного сборочным цехом количества от выданного формируется документ «Перечень дефицита».

Ход выполнения производственных программ, контроль сроков сдачи, информация о переносе деталей между программами отражаются в ERP-системе в форме сводного отчета, представленного на рисунке 3.2.5.1.

Таким образом, на основе предложенных принципов организации производства ДСЕ путем автоматизации ЖЦ документа ЭМРВ по единой справочной информации в системах конструкторов, технологов и производителей реализовано планирование закупок, укрупненная межцеховая диспетчеризация выпуска деталей.

3.3 Оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта при новой организации подготовки производства

Оценка временных характеристик бизнес-процессов разработки и согласования ЭКВ и ЭМРВ при новой организации производства в отличие от формирования бумажных носителей проведена на примере усредненного изделия из группы интегрированных систем приборов.

Шахматка [Сводный отчет без заявок]

Варианты отчета: Сводный отчет без заявок

Произвольный период: с: 01.12.2016 по: 12.05.2017

Номер програм...: 2344 Изделие: ...

Сформировать

Настройки

Изделие	Номер программы	Дата запуска программы	Номера комплектов по программе	Количество комплектов по программе	На программу						ИТО-2	Производственно-диспетчерский отдел (отд. № 19)	участок 7 (Цех № 78)	участок 8 (Цех № 78)
					Потребность на программу	Добавлено в программу	Снято с программы	Дефицит по программе	Выпуск на СГД	Остаток на СГД				
Генератор 77777.012	2344	15.12.2016 9:27:00	1257-1316	60	1 104	0	0	372	432	306	0	300	60	66
Участок изготовления печатных плат гал.способом (уч.№ 14)					66	0	0	0	66	66	0			
Плата 758711.010					66	0	0	0	66	66	0			
штамповка/прессовка (цех № 44)					300	0	0	0	300	240	0		60	
Коплачок 725325.005					120	0	0	0	120	120	0			
Лепесток 1-1-3.2×12-06 ГОСТ 22376-77					120	0	0	0	120	120	0			
Пластина 741124.052					60	0	0	0	60	0			60	
участок 7 (цех № 78)					306	0	0	240	66	0	0		0	66
Втулка 1-3 ОСТ 1 10775-72					66	0	0	0	66	0				66
Втулка 713451.002					120	0	0	120	0	0			0	
Планка 301716.017					60	0	0	60	0	0	0			
Пластина 741428.003					60	0	0	60	0	0	0			
участок 8 (цех № 78)					132	0	0	132	0	0	0			0
Хомут 301532.003					66	0	0	66	0	0	0			
Хомут 745464.017					66	0	0	66	0	0				0
62					300	0	0	0	0	0		300		
Винт 1.6-4-Ц ОСТ 1 31528-80					120	0	0	0	0	0		120		
Винт 2-6-Ц ОСТ 1 31528-80					60	0	0	0	0	0		60		
Гайка 3-Ц ОСТ 1 33033-80					120	0	0	0	0	0		120		

Рисунок 3.2.5.1 Сводный отчет по выпуску деталей

3.3.1 Оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта от использования производственного документа «Электронная комплектующая ведомость»

Оценка временных характеристик бизнес-процессов по формированию пакета комплектующих ведомостей на изделие, объемом из 34 листов формата А4, представлена в Таблице 9.

Таблица 9 – Оценка временных затрат на формирование ЭКВ

№ п/п	Виды работ	Т до внедрения	Т после внедрения	Примечание
1	Заполнение дополнительных реквизитов программы ЭКВ	1,2	0,2	Сокращение времени на заполнение и согласование привело к рациональному использованию времени специалистов
2	Согласование	0,5	0,5	
3	Выдача в производство:	1	(доступен сразу после подписания)	Экономия времени специалиста ПДО на: 1) подготовку заявки изготовления копий
	1) Заявка ПДО на изготовление копий ведомости покупных в технологический отдел документации, получение их			2) получение, подготовку и передачу копий на сборочные участки и отдел комплектации
	2) Подготовка и передача копий в отдел комплектации и в сборочный цех			Экономия расходных материалов: бумаги, краски картриджа
4	Создание документов «Требование-накладная»	0,5		

№ п/п	Виды работ	Т до внедрения	Т после внедрения	Примечание
5	Передача на склад комплектации	0,09		
6	Формирование и выписка требований-накладных на дефицит	0,3		
	ИТОГО:	3,6	0,7	Сокращение времени более, чем в 5 раз

где Т - длительность процесса (человеко-дней)

При среднегодовом количестве комплектов КВ на выпускаемые изделия в сумме 352 шт. длительность процесса подготовки производственной документации при бумажном варианте составляла 1266 человеко-дней (5 человек*247дней) или в денежном выражении 1 808 539 руб. в год. После внедрения результатов диссертации эти работы выполняются за 246,85 человеко-дней, т.е. одним человеком, с финансовыми затратами 352 640 руб. в год, таким образом, экономия по обработке потока КВ составила 1 455 899 руб. в год.

3.3.2 Оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта от использования производственного документа «Электронная материально-расцеховочная ведомость»

Оценка временных затрат на проведение процедуры запуска деталей по ЭМРВ (15 МРВ на детали в общей сложности 115 листов формата А4) в производство в электронном виде и на бумажном носителе представлена в таблице 10.

Принимая во внимание, что остаются на текущий момент без изменения процессы, описанные в пп.6-9, время на запуск производственных программ по изготовлению деталей в электронном виде уменьшилось в среднем в 20 раз.

Из расчета среднегодового количества программ в сумме 171 шт. комплектностью по 15 шт. длительность T процесса подготовки производственной документации при бумажном варианте составляла 384 человеко-дня (1,6 человека*247 дней) или в денежном эквиваленте - 548 571 руб. в год. После использования результатов диссертации работы выполняются по времени за 19,2 человеко-дня (в сумме 27 429 руб.) в год. Экономия по обработке потока материально-расцеховочных ведомостей составила 680 091 руб. в год.

Таблица 10 – Оценка временных затрат на процедуру запуска ЭМРВ

№ п/п	Виды работ	T до внедрения	T после внедрения	Примечание
1	Подбор состава Головного изделия и входящих изделий, в соответствии с планом запуска.	0,25	0,02	
2	Передача комплекта ТП на участок печати для размножения (печать ЭМРВ)	0,7	0,02	
3	Сортировка копий по сборочным и механическим цехам	0,2	-	
4	Заполнение ячеек шапки (число комплектов, № программы) во всех экземплярах	0,2	0,06	
5	Вычисление количества деталей на запускаемые комплекты во всех производственных программах	0,9	-	
6	Сортировка и раздача ЭМРВ исполнителям ПДО для внесения сроков запуска и выпуска			
7	Передача на утверждение начальнику производства (не регламентировано)			
8	Разноска утвержденных комплектов производственных программ по цехам и участкам			
9	Проведение изменений в бумажных экземплярах в цехах			
10	Проведение изменений в электронной версии		0,01	
	ИТОГО	2,25	0,1	Сокращение времени в 20 раз

где T - длительность процесса (человеко-дней)

С учетом оплаты предприятием страховых взносов (30,5% = 602 998 руб.) общий годовой экономический эффект от внедрения результатов исследований составил 2 580 040 руб.; в дальнейшем при поэтапном построении «Цифрового предприятия» эффект будет прогрессировать.

Подготовка производства изделий отражается в бухгалтерском и налоговом учете в накладных общепроизводственных расходах, поэтому полученный эффект привел к снижению себестоимости выпускаемой продукции.

Опосредованное влияние результатов диссертационного исследования достаточно сложно оценить, но, например, снижение доли неликвидных остатков на складе комплектующих при использовании предложенной модели расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие и увеличение скорости доведения изменений как до производства, так и до отделов снабжения, характеризуется следующими показателями за период 2015-2016 гг.:

$$\frac{L_{2015}}{L_{2016}} = \frac{3,64}{1,77} = 2,1,$$

где $L_{год} = \frac{Mr}{Ms}$ - длительность хранения запасов ПКИ (месяц);

Mr – среднемесячный расход комплектующих со склада (млн. руб.);

Ms – остаток на складе комплектации на конец периода (млн. руб.).

Таким образом, снижение длительности хранения запасов ПКИ составило 2,1 раза (при сроках изготовления основной номенклатуры изделий в среднем от 3 до 6 месяцев), а уменьшение остатков на складе комплектации – на 17,0% (или 76,2 млн. руб.) при незначительном (на 3,8%) уменьшении объема реализации и одинаковом количестве сотрудников отделов снабжения. Следует заметить, что с IV квартала 2016 года увеличены производственные заделы под существенно возросшие объемы реализации первого полугодия 2017 года.

3.4 Выводы

1. Описана практическая реализация разработанных алгоритмов формирования производственных электронных документов, организации бизнес-процессов, их согласования и использования в подготовке производства, производстве, а также снабжении материалами и комплектующими на приборостроительном предприятии ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА» с мелкосерийным типом производства.

2. Представлена оценка временных характеристик бизнес-процессов и экономического эффекта от использования производственных документов. Автоматизация бизнес-процессов формирования и согласования электронных документов привела к сокращению времени за счет снижения большого объема рутинных ручных операций, и к прозрачности производственных операций.

Наличие актуальной производственной документации в электронном виде, автоматическое заполнение «шапочных» реквизитов и пересчет деталей на комплекты запускаемых программ не только сокращает время оформления документов, но и существенно повышает их качество. По-новому стали работать нормировщики БТН, распределители работ механических и сборочных цехов, комплектовщики СГД, специалисты бюро планирования ПДО, кладовщики отделов комплектации, специалисты планового отдела, ОМТС.

Исключается лишнее перемещение работников и специалистов по предприятию, повышается оперативность получения, качество и достоверность информации, скорость оформления документов, составления отчетов.

Значительный стоимостной эффект от внедрения результатов диссертации получен снижением длительности хранения запасов ПКИ в 2,1 раза (при сроках изготовления основной номенклатуры изделий 3-6 месяцев).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям во всех областях экономической жизни, использование информационных технологий при построении «Цифрового предприятия» в ОПК является приоритетным направлением научно-технологического, промышленного развития страны. Для реализации «Цифрового предприятия» в диссертационной работе поставлена цель – повышение производительности труда при подготовке производства на приборостроительном предприятии с мелкосерийным типом производства при непрерывно поступающих изменениях в конструкторской и технологической документациях.

Для достижения цели работы проведено исследование характеристик входных потоков поступающих изменений, разработан метод «Информационной петли», предложены алгоритмы формирования электронных документов, организация взаимодействия участников бизнес-процесса для согласования и применения электронных документов, проведена практическая реализация с оценкой временных характеристик и стоимостная оценка при новой организации подготовки производства.

В работе поставлены и решены следующие задачи:

1. Проведен анализ организации процессов подготовки производства изделий приборостроительных предприятий с мелкосерийным типом производства, выявлены специфические особенности их информационного и документного обеспечения в условиях непрерывно поступающих изменений в конструкторской и технологической документациях.
2. Разработан и исследован метод и алгоритмы организации производственных документопотоков с целью повышения эффективности подготовки приборостроительного производства.
3. Разработаны алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственной системы на основе автоматизированных

бизнес-процессов формирования специально разработанных электронных документов.

4. Разработаны модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом документов по изменениям и модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие.
5. Проведена практическая апробация предложенных метода, моделей и алгоритмов, исследована эффективность их применения в условиях реального производства.

Результаты диссертационной работы:

- внедрены в практику деятельности ПАО «АНПП «ТЕМП-АВИА»;
- отражены в Программе инновационного развития на 2016-2019г.г. ПАО «АНПП «ТЕМП-АВИА» как первый этап «Внедрения системы управления информационной поддержкой ЖЦ продукции в единой интегрированной среде»;
- использованы в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров в Арзамасском политехническом институте (филиал) государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» по направлению «Конструирование и технология радиоэлектронных средств».

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что в диссертационной работе решена актуальная научная задача организации подготовки производства, имеющая большое практическое значение для приборостроительных предприятий с типом производства мелкосерийным и единичным, и является первым шагом при построении «Цифрового предприятия» при переходе от бумажного документооборота к электронному. Получены практические результаты по следующим актуальным проблемам:

- сокращение сроков и затрат на разработку и освоение продукции;
- рост производительности труда.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АС	Автоматизированная система
АСУП	Автоматизированная система управления предприятием
АСУТП	Автоматизированная система управления технологическими процессами
БД	База данных
БТН	Бюро технического нормирования
БЦК	Бюро цехового контроля
ВАК	Высшая аттестационная комиссия
ДСЕ	Детале-сборочная единица
ЕИП	Единое информационное пространство
ЕСКД	Единая система конструкторской документации
ЕСПД	Единая система программной документации
ЕСТД	Единая система технологической документации
ЕСТПП	Единая система технологической подготовки производства
ЖЦ	Жизненный цикл
ЖЦИ	Жизненный цикл изделия
ИИ	Извещение по изменениям
ИИ (ТИ)	Извещение по изменениям (типовое испытание)
ИСУ	Информационная система управления
ИТ	Информационные технологии
КБ	Конструкторское бюро
КВ	Комплектовочная ведомость
КД	Конструкторская документация
КИС	Корпоративные информационные системы
КТПП	Конструкторско-технологическая подготовка производства
МРВ	Материально-расцеховочная ведомость
НСИ	Нормативно-справочная информация
ОГТ	Отдел главного технолога

ОК	Отдел комплектации
ОКР	Опытно-конструкторские работы
ОСиТД	Отдел стандартизации и технической документации
ОТК	Отдел технического контроля
ПДО	Планово-диспетчерский отдел
ПЗ	Представитель Заказчика
ПКИ	Покупные комплектующие изделия
ПКиТС	Производственно-конструкторские и технологические системы
ПО	Программное обеспечение
ПСИ	Приемо-сдаточные испытания
САПР	Система автоматизированного проектирования
СГД	Склад готовых деталей
СУБД	Система управления базами данных
СЧ	Составная часть
ТЗ	Техническое задание
ТН	Требование-накладная
ТО	Тематический отдел
ТП	Технологический процесс
ТСИ	Технологическая структура изделия
ЧПУ	Числовое программное управление
УПП	Управление производственным предприятием
ЭИИ	Электронное извещение об изменениях
ЭКВ	Электронная комплектовочная ведомость
ЭМРВ	Электронная материально-расцеховочная ведомость
ЭПИ	Электронное предварительное извещение
ЭСВД	Электронная сводная ведомость дефицита
ЭСИ	Электронная структура изделия
ЭТИ	Электронное технологическое извещение
ЭТП	Электронный технологический процесс

- ЭЦП Электронная цифровая подпись
- CAD (англ. Computer-aided design/drafting) – система автоматизированного проектирования для выполнения проектных работ
- CAE (англ. Computer-aided engineering) – система для решения различных инженерных задач: моделирования, расчётов, анализа и симуляции физических процессов
- CALS (англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support – сопровождение и поддержка жизненного цикла
- CAM (англ. Computer-aided manufacturing) – система автоматизированной технологической подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ
- CAPP (англ. Computer-aided process planning) – средства автоматизации проектирования технологических процессов, функционирующие при передаче данных между CAD и CAM-системами
- EDA (англ. Electronic Design Automation) — комплекс программных средств для облегчения разработки электронных устройств, создания микросхем и печатных плат
- ERP (англ. Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия
- ESB (англ. Enterprise Service Bus) – это комплекс программных продуктов для интеграции корпоративных приложений на основе событийной модели
- MPM (англ. Manufacturing Process Management) - управление производственными процессами, цифровое производство
- MRP (англ. Material Requirement Planing) – планирование материальных потребностей предприятия
- PDM (англ. Product Data Management) – система управления данными об изделии
- PLM (англ. Product Life Management) – процесс управления полным жизненным циклом изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Агравал, Р. Клермонтский отчет об исследованиях в области баз данных [Электронный ресурс] / Р. Агравал и др. - Режим доступа: http://citforum.ru/database/articles/claremont_report/ (дата обращения 16.09.2016).
- 2 Алиев, Т.И. Основы проектирования систем /Т.И. Алиев – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 120 с.
- 3 Анисимов, В.В. Проектирование информационных систем. Часть 1. Структурный подход / В.В. Анисимов. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2006. – 112с.
- 4 Анисимов, В.В. Проектирование информационных систем. Часть 2. Объектно-Ориентированный Подход / В.В. Анисимов, В.А. Долгов. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – 100 с.
- 5 Артюхов, А.В. Методы и модели организации производственного процесса многономенклатурного машиностроительного предприятия как объекта управления: диссертация кан. техн. наук: 05.02.22 / Артюхов Александр Викторович. – Уфа, 2016. – 129 с.
- 6 Арутюнов, А.Л. Управление развитием крупномасштабных систем. Современные проблемы. Выпуск 2 / А.Л. Арутюнов, А.Р. Бахтизин, В.В. Баранов, В.Н. Бурков, С.Н. Васильев и др. / Под ред. А.Д. Цвиркуна. 1-ое издание. М.: Издательство физико-математической литературы, 2015. – 477 с.
- 7 Багриновский, К.А. Современные методы управления технологическим развитием: монография / К.А. Багриновский, М.А. Бендиков, Е.Ю. Хрусталева. – М.: Российская политическая энциклопедия, 2001. – 272 с.
- 8 Баранов, М. Цифровое предприятие: пришло время перемен. Тенденции и перспективы. / М. Баранов. – PC WEEK, 2016. – № 10. – С. 9–10.
- 9 Большев Л.Н., Смирнов Н.В. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.

10 Братухин, А. Г. CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия) / А.Г. Братухин, Ю.В. Давыдов, Ю.С. Елисеев и др. М.: МАИ, 2000, – 304 с.

11 Бычик, А.В. Разработка алгоритма построения универсального постпроцессора, генерирующего управляющую программу под аналогичные СЧПУ» / А.В. Бычик, О.М. Егоров, С.Б. Жилина. // Нижний Новгород: Вестник ВГАВТ. Раздел II. Информатика, системы управления, телекоммуникации и радиолокация. – 2017. – №50. – С.35–46.

12 Валитов, Ш.М. Современные системные технологии в отраслях экономики: учебное пособие / Ш. М. Валитов, Азимов Ю.И., Павлова В.А. – М.: ООО "Перспектив", 2015. – 650 с.

13 Вендров, А.М. Case-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем / А.М. Вендров. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 98 с.

14 Вичугова, А.А., Методы и средства интеграции информационных систем в рамках единого информационного пространства проектирования / А.А. Вичугова, В.Н. Вичугов, Е.А. Дмитриева, Г.П. Цапко / Вестник науки Сибири, 2012. - № 5 (6). –С. 61-65.

15 Гаскаров, Д.В. Малая выборка / Д.В. Гаскаров, Д.М. Шаповалов. –М.: Статистика, 1978. – 248 с.

16 Главная ИТ-система российских ядерщиков принята на вооружение [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения 30.04.2017).

17 Гниденко, А.С. Проектирование информационных систем / А.С. Гниденко, Д.В. Куракин, А.Д. Иванников, В.Т. Матчин, В.Н. Минаков, В.А. Мордвинов //Учебное пособие для студентов технических вузов сп. 071900, 220200 и слушателей ФПК, МГДДЮТ, МИРЭА, ГНИИ ИТТ "Информика" – М. 1999. – 26с.

18 Голдовский, А. Цифровое производство – ключ к успеху. /А. Голдовский // Автоматизация проектирования. Рациональное управление предприятием. – 2009 – №4. – С. 54-56.

19 Гореткина Е.А. Перспективы развития САПР PC Week/RE №35 (593) 2007 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.pcweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=102768> (дата обращения:03.03.2016г.).

20 ГОСТ 23501.0-79 Системы автоматизированного проектирования. - М.: Стандартиформ, 2005. – 7 с.

21 ГОСТ 23501.108-85. Системы автоматизированного проектирования. Классификация и обозначение. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1986 – 15 с.

22 ГОСТ Р 53791-2010 Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения. - М: Стандартиформ, 2011. – 12 с.

23 ГОСТ Р 56135-2014 Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. - М: Стандартиформ, 2015. – 16 с.

24 ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств. – М.: Стандартиформ, 2011. – 105 с.

25 ГОСТ РВ 2.902-2005 Единая система конструкторской документации. Порядок проверки, согласования и утверждения конструкторской документации. - М.: Стандартиформ, 2005. – 30 с.

26 Грибков, Е.Б. Управление жизненным циклом изделия [Электронный ресурс] /Е.Б. Грибков // Управляем предприятием. 2012. - №5. – РЕЖИМ ДОСТУПА: http://upr.ru/article/upravlenie_zhiznennym_tsiklom_izdeliya-1070.

27 Гунин, Л.Н. Модель внедрения ИПИ-технологии на базе систем автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства предприятия: диссертация кан. техн. наук: 05.13.06 / Гунин Леонид Николаевич. – Нижний Новгород, 2005. – 168 с.

- 28 Деминг, Э. Выход из кризиса / Э. Деминг. – Тверь: Альба, 1994. – 498с.
- 29 Добрынин, А.П. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) / А.П. Добрынин, К.Ю. Черных, В.П. Куприяновский, П.В. Куприяновский, С.А. Синягов // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 4, no. 1. – 2016. – С.4-11.
- 30 Документирование управленческой деятельности / Под ред. В.В. Маковецкого // Учебное пособие. - М.: Колос, 2005. – 174 с.
- 31 Доронин, С.В. Системы автоматизированного проектирования: Учебное пособие / С.В. Доронин. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2009. – 86 с.
- 32 Дэвид, А. М. SADT-методология структурного анализа и проектирования / Дэвид А. Марка, Климент МакГоуэн – М.: Метатехнология, 1993. – 243 с.
- 33 Егоров, М.М. Пути создания иерархической интегрированной САПР предприятия в едином информационном пространстве корпорации / М.М. Егоров, В.Т. Лещев. - Вестник Верхне-Волжского отделения Академии Технологических Наук Российской Федерации. - Н. Новгород: НГТУ, 2002. – С. 48-56.
- 34 Егоров, М.М. Создание интегрированной системы автоматизированного проектирования и производства предприятия: Тезисы докладов конференции «Будущее технической науки Нижегородского региона / М.М. Егоров, П.В. Митрохин. - Н. Новгород: НГТУ, 2002. – С. 80.
- 35 Жилина, С.Б. Автоматизация жизненного цикла документа «Комплектовочная ведомость». Часть 1 / С.Б. Жилина, Н.В. Капитанов // САПР и графика. – М.: Изд. «КомпьютерПресс», 2014. - № 12. – С. 72-75.
- 36 Жилина, С.Б. Автоматизация жизненного цикла документа «Комплектовочная ведомость». Часть 2 / С.Б. Жилина, Н.В. Капитанов // САПР и графика. – М.: Изд. «КомпьютерПресс», 2015. - № 2. – С. 86-88.
- 37 Жилина, С.Б. Автоматизация процесса информационного обеспечения производства приборостроительного предприятия комплектующими изделиями /

С.Б. Жилина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016.- т. 18, № 4(7). – С. 1372–1380.

38 Жилина, С.Б. Анализ эффективности автоматизированного расчета упругих систем деталей машин, авиационных приборов и бортового оборудования/ С.Б. Жилина, А.В. Кошелев. // Механика и процессы управления. Том2 – Материалы XXXXV Всероссийского симпозиума, посвященного 70-летию Победы. – М.: РАН, – 2015. – С.48–56.

39 Жилина, С.Б. Информационное обеспечение производственного процесса приборостроительного предприятия / С.Б. Жилина // Информационные технологии и прикладная математика: межвузовский сборник аспирантских и студенческих научных работ. Выпуск 6. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, - 2016. – С. 39–51.

40 Жилина, С.Б. Модель и технология интеграции информационных систем / С.Б. Жилина, Н.В. Капитанов, И.А. Кочедыкова, А.А. Тимохин, Н.П. Ямпурин. // Тамбов: Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. – 2017. – №1(63). – С.201–211.

41 Жилина, С.Б. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614834 от. 05.05.2016. Программа динамической перегрузки конструкторско-технологической информации из программы «Т-Flex DOCs» в программу «1С: Управление производственным предприятием» / С.Б. Жилина, Н.В. Капитанов, И.А. Кочедыкова, А.А. Тимохин. Доля участия автора 1/4.

42 Жилина, С.Б. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617159 от 30.06.2017. Программа подготовки изменений в печатном комплекте технологической документации методом минимальной замены листов / С.Б. Жилина, Н.В. Капитанов, О.В. Правская. Доля участия автора 1/5.

43 Жилина, С.Б. Специализированные алгоритмы конструкторской и технологической подготовки производства и информационного обеспечения

процесса изготовления изделий / С.Б. Жилина, Н.В. Капитанов, О.В. Осоченко, И.А. Кочедыкова, А.Н. Важдаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – т. 18, № 4(3), – С.638–645.

44 Жилина, С.Б. Эффективность использования сквозного 3D-проектирования при изготовлении деталей на ОАО АНПП «ТЕМП-АВИА» / С.Б. Жилина, О.М. Егоров // САПР и графика. – М.: Изд. «КомпьютерПресс», 2014. - № 11. – С. 102–104.

45 Жожикашвили, В.А., Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ / В.А. Жожикашвили, В.М. Вишневский. – М.: Радио и связь, 1988. – С. 21–31.

46 Засканов, В.Г. Методологические аспекты эффективности организации процессов проектирования, производства и эксплуатации авиационных изделий / В.Г. Засканов, Д.Ю. Иванов. - Известия Самарского научного центра РАН, -- 2015. Т. 17. – №6(2). - С. 679–683.

47 Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия [Электронный ресурс] // Всемирный обзор реализации концепции "Индустрия 4.0" за 2016 год. – Режим доступа: <http://qofm.ru/blog/2016-8-18> (дата обращения 06.02.2017)

48 Интеграция PLM-ERP. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://pro-technologies.ru/solutions/integracionnye_ (Дата обращения 02.03.2017).

49 Информационное обеспечение производства [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.dialogit.ru/info/625/> (дата обращения 16.09.2016г.).

50 Информационные системы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://edu.dvgups.ru/metdoc/its/strpro/inf_teh_str/metod/suldin/frame/5.htm (дата обращения 13.02.2016г.).

51 Информационные технологии: современное состояние, роль в бизнесе и тенденции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://maxpark.com/community/5654/content/2292168> (дата обращения 06.02.2017).

52 ИТ для бизнеса – ERP-системы. РБК. Обзор рынка [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://marketing.rbc.ru/reviews/it-business/> (Дата обращения 02.03.2017).

53 Кабанов, А.Г. CALS-технологии для военной продукции [Электронный ресурс] / А.Г. Кабанов, А.Н. Давыдов, В.В. Барабанов, Е.В. Судов // Стандарты и качество. - 2000. – №3. – Режим доступа: <http://ria-stk.ru/stq/adetail.php?ID=5839> (дата обращения 13.02.2016г.).

54 Казьмин, В.П. Проектно-командное взаимодействие в среде учебного виртуального предприятия / В.П. Казьмин, Г.Л. Паньшин, С.Г. Цапко. Томский политехнический университет // Вестник МГОУ. Серия Педагогика. – 2012. – № 2. – С. 127-132.

55 Как построить российский PLM / Открытые системы. СУБД. – М.: Открытые системы, 2014. - №5. – С.3–9.

56 Капур, К.Л. Надежность и проектирование систем / К.Л. Капур. - М.: Мир, 1980. – 597 с.

57 Кашников, А. Интеграция гетерогенных источников данных на основе рекурсивной декомпозиции / А. Кашников А., Л. Лядова. - International Journal “Information Technologies & Knowledge”. - 2011. -Vol .5. № 3. – С. 274–284.

58 Колпаков, В.А. Основы стандартизации и сертификации программных средств и комплексов автоматизированных систем управления: метод. указания к практическим занятиям / В.А. Колпаков. – Самара: Изд-во СГАУ, 2008. – 34 с.

59 Колчин, А. Ф. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков.- М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.

60 Кофанов, Ю.Н. Реализация CALS-технологий для проектирования сложной радиоэлектронной аппаратуры [Электронный ресурс] / Ю.Н. Кофанов, Н.В. Малютин, С.С. Коломейцев – Режим доступа: <http://systech.miem.edu.ru/2006/n4/Kolomeyev.doc> (дата обращения: 03.03.2016г.).

- 61 Кочетков, Г.Б. Могущество и бессилие компьютера / Г.Б. Кочетков. - Издательский дом: Политиздат, 1988. – 22 с.
- 62 Красковский, Д. Обзор состояния рынка систем PLM/TDM/PDM/Workflow / Д. Красковский. - САПР и графика. – М.: Изд. «КомпьютерПресс», 2004. – № 12. – С. 72–75.
- 63 Краснов, А.В. Системы автоматизированного проектирования: экспертное мнение [Электронный ресурс] / А.В. Краснов, Котельников В.А. // Умное производство. – 2015. – №31. - Режим доступа: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_id_1=171&group_id_4=68 (дата обращения: 13.02.2016г.).
- 64 Краюшкин, В. Современный рынок систем PDM [Электронный ресурс] / В. Краюшкин // Открытые системы. СУБД. – 2000. - №09. - Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2000/09/178132/> (дата обращения 30.04.2017 г.).
- 65 Кривошеев О.В. Методика внедрения процессного подхода на предприятиях ЯОК / О.В. Кривошеев, С.В. Карпенко, В.В. Коновалова, С.О. Голеусова, И.А. Затонская // Государственная регистрация базы данных №2014620165 от 22.01.2014 г.
- 66 Кузнецова, Л.В. Методика внедрения CALS-технологий на предприятиях автомобилестроения /Л.В. Кузнецова, А.В. Олейник, М.Е. Ставровский. - Известия МГТУ «МАМИ», 2010. – № 2(10). – С. 225–236.
- 67 Кульга, К.С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством / К.С. Кульга, Кривошеев И.А. - М.: Машиностроение, 2011. – 377с.
- 68 Куприяновский, В.П. Трансформация промышленности в цифровой экономике – проектирование и производство / В.П.Куприяновский, С.А.Синягов, Д.Е. Намиот, Н.А.Уткин, Д.Е. Николаев, А.П.Добрынин // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 5, no. 1, 2017. – С. 50-70.

- 69 Лившиц, Б.С. Теория телетрафика / Б.С. Лившиц, Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. - М.: СВЯЗЬ, 1979. – 163с.
- 70 Липаев, В. В. Управление разработкой программных средств: Методы, стандарты, технология / В.В. Липаев. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 160 с.
- 71 Мантуров, Д.В. Основные направления интегрированного применения информационных технологий при организации производства в авиастроении / Д.В.Мантуров, А.И. Тихонов. - Труды МАИ. – 2011. - № 50. – С. 41.
- 72 Марков, Н.Г. Инструментальные средства для создания единого информационного пространства промышленных компаний [Электронный ресурс] / Н. Г. Марков. – Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/ВРА/7b93198eed92b79644257d64003f2ff7> (дата обращения: 03.10.2016г.).
- 73 Маслобоев, А.В. Интегрированные системы управления: Учебное пособие / А.В. Маслобоев. – Апатиты: КФ ПетрГУ. – 2009.– 157 с.
- 74 Материалы конференции «Информационные технологии на службе ОПК России» 26-29 мая 2015, Казань. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://итопок.рф/архив> (дата обращения 30.04.2016).
- 75 Мизюн, В.А. Управление производственными системами и процессами / В.А. Мизюн. - Издательство СНЦ РАН, 2012. – 211 с.
- 76 Михайлов, В.Г. Анализ и сравнение существующих PDM. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.belerp.com/modules.php?name=Pages&pa> (Дата обращения 02.03.2017).
- 77 Моругин, С.Л. Проектирование информационных систем: учебное пособие. Ч.2. / С.Л. Моругин. – Арзамас: АГПИ, 2010. – 84 с.
- 78 Муленко, В.В. Компьютерные технологии и автоматизированные системы в машиностроении: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.В. Муленко // РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2015. – 73с. – Режим доступа: www.gubkin.ru (дата обращения 30.04.2017).

79 Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. - 430 с.

80 Организация системы управления производством и необходимость ее использования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.intenta-it.ru/resheniya/stati/organizaciya-sistemy-upravleniya.html> (дата обращения: 13.05.2016г.).

81 Организация управления качеством проектов корпоративных систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/248/80305.php> (дата обращения 16.01.2016г.).

82 Петров, В.Н. Информационные системы / В.Н. Петров. – СПб.: Питер, 2002 – 688 с.

83 Подготовка документации на программы по ГОСТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://blog.posevin.com/dokumentirovanie-i-standartizaciya/477/posevin.pdf> (дата обращения 06.02.2017).

84 Полное импортозамещение программного обеспечения может занять до 7 лет [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ibusiness.ru/blog/novosti/34381> (дата обращения: 11.05.2015).

85 Полянсков, Ю.В. Интеграция САPP, PDM, ERP систем в единое информационное пространство производственного предприятия / Ю.В. Полянсков, А.С. Кондратьева, М.С. Черников, А.А. Блюменштейн // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – т. 15, №4(3). – С. 628-633.

86 Португал, В.М. Внедрение типовой системы управления предприятием / В.М. Португал, А.И.Семенов, А.И. Марголин. – М.: Статистика, 1976. – 168 с.

87 Преимущества и недостатки T-Flex [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vokb-la.spb.ru/> (дата обращения 20.12.2015).

88 Путин, В.В Выступление на пленарном заседании XX Петербургского международного экономического форума 17 июня 2016 года [Электронный ресурс] / В.В. Путин // Источник: Администрация Президента России. – Режим доступа:

http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/putin-rost.html
(дата обращения 14.05.2017).

89 Пухальский А.Н. Модифицированная схема жизненного цикла изделия / А.Н. Пухальский и др / Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. Микроэкономический анализ: методы и результаты, 2011. - Том 11. – №4. – С.108-124.

90 Р50.1.028-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования: Рекомендации по стандартизации. – М.: Госстандарт России, 2001. – 54 с.

91 Рамазанова, В.С. Проблемы интеграции и доступа в гетерогенных распределенных базах данных / В.С. Рамазанова, Н.П. Азанов. - Вестник КазНУ, 2011. - № 4(71). – С. 72-81.

92 Решетников, И.С., Стандарты и технологии интеграции производственных информационных систем / И.С. Решетников, А.П. Козлецов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 2. – С. 24-30.

93 Российский рейтинг ERP-систем. – Режим доступа: http://asgrshv.narod.ru/RF_reit_ERP.htm (дата обращения 13.02.2016г.).

94 Российский рынок ERP продолжает рост [Электронный ресурс] / Бестселлеры ИТ-рынка. - 2016. - №4. – Режим доступа: <https://www.itbestsellers.ru/problems/detail.php?ID=35088> (дата обращения 30.04.2017).

95 Силантьева, Е.Ю. Исследование и разработка методов и алгоритмов автоматизации документопотоков в корпоративных системах: дис. канд. техн. наук. / Е.Ю. Силантьева. - М.: РГБ, 2003. – 134 с.

96 Современные подходы к построению систем управления производственной компанией. Компоненты общего назначения КИС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/6215298/page:19/> (дата обращения: 13.02.2016г.).

97 Соломенцев, Ю.М. Информационные вычислительные системы в машиностроении / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, Н. В. Павлов, А. В. Рыбаков. - М.: НАУКА, 2003. – 292 с.

98 Соседко, В.В. Модели и алгоритмы интегрированной системы проектирования и производства приборостроительного предприятия: диссертация канд. техн. наук: 05.13.12 / Соседко Виталий Владимирович. – Омск, 2014. – 187с.

99 Способна ли российская ERP решить задачи крупного предприятия _ТА_ Детали [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения 21.12.2016).

100 Судов, Е.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е.В. Судов, А.И. Левин // НИЦ CALS- технологий. Прикладная логистика. – М., 2002. – 28 с.

101 Трохалин, И. Сквозная 3D-технология АСКОН: решение для ОПК, крупного бизнеса и масштабных проектов / И. Трохалин. - САПР и графика. – М.: Изд. «КомпьютерПресс», 2014. - № 09. – С. 40–43.

102 Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года № 642.

103 Ушаков, Д. Энциклопедия PLM / Д. Ушаков, Д. Левин, В. Малюх. – М.: Эком, 2008. – 448 с.

104 Фредерик Брукс. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы. 2-е издание, юбилейное. Addison-Wesley Longman, Inc. (ISBN 0-201-83595-9): Издательство СимволПлюс (ISBN 5-93286-005-7), 2005.

105 Хаймович, И.Н. Методология организации согласованных механизмов управления процессом конструкторско-технологической подготовки производства на основе информационно-технологических моделей: авторефер. дис. д-ра тех. н. /Хаймович И.Н. – Самара, 2009. – 35 с.

106 Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах /Г. Хан. – М.: Мир, 1969. – 396 с.

107 Шабалкин, Д.Ю. Интеграция полиплатформенных автоматизированных подсистем различной функциональности в единое информационное пространство жизненного цикла изделия авиационной техники / Д.Ю. Шабалкин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14 №4 (2). – С. 545-549.

108 Элементы единого информационного пространства автоматизированного производства [Электронный ресурс] // Умное производство. – 2016. - №34. - Режим доступа: http://www.umpro.ru/index.php?page_id (дата обращения 13.02.2016г.).

109 Franklin, M. From Databases to Dataspace: A New Abstraction for Information Management / M. Franklin, A. Halevy, D. Maier. - SIGMOD Record, 2005. – 34(4). – p. 27-33.

110 Litwin W. From database systems to multidatabase systems: Why and how / British National Conference on Databases, Cambridge Press. – 1988. – p.167-185.

В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателю принадлежат:

– в [35,36,40,41,43] – постановка задачи, разработка метода информационной петли, моделей, укрупненных алгоритмов интеграции систем и взаимодействия подразделений при работе с электронными документами;

– в [11,38,42,44] – постановка задачи, методы анализа данных.

Практическая реализация предложенных, метода, моделей и алгоритмов обеспечивалась совместно со специалистами коллектива (они являются соавторами соответствующих публикаций) под непосредственным руководством автора.

Приложение 1 Акт о внедрении результатов диссертационной работы

АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение»»

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

« АРЗАМАССКОЕ НАУЧНО – ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ТЕМП-АВИА»

ТЕМП-АВИА®

ул. Кирова, 26, г. Арзамас, Нижегородская обл., Россия, 607220
Телефон 151572, ФИАТ; Тел/факс (831-47)7-13-35; факс (831-47)9-46-42;
www.temp-avia.ru E-mail: rao@temp-avia.ru
ИНН 5243001887 ОКПО 07551163 КПП 525350001 ОГРН 1025201335994

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального директора,
Главный инженер

/С.В. Харитонов /
2017г.

АКТ АИТ-8.368 от 30.06.2017г.

о внедрении результатов диссертационной работы

Настоящий акт составлен в том, что результаты диссертационной работы Жилиной Светланы Борисовны на тему «ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С НЕПРЕРЫВНО ПОСТУПАЮЩИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЯХ», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, а именно: разработанные метод «Информационная петля» и алгоритмы интеграции информационных систем основанные на пуассоновских свойствах документопотоков, алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственных отношений на основе бизнес-процессов автоматизированного формирования специально разработанных электронных документов, концептуальная модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом извещений по изменениям и математическая модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие, внедрены в практику деятельности ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА», что подтверждено:


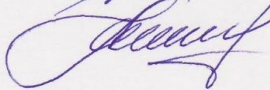
- 1) Приказом № 187 от 13.08.2014 г. «О полном переходе на электронный документооборот комплектовочных ведомостей» и выпуском стандарта предприятия СТО 7551160.14.159-2014 «Порядок разработки комплектовочной ведомости и полатного комплектования изделий с помощью систем электронного документооборота»;
- 2) Приказом № 224 от 29.11.2016 г. «О вводе в промышленную эксплуатацию системы T-Flex Технология» и выпуском стандарта предприятия СТО7551160.20.258-2016 «Порядок разработки и оформления электронных технологических процессов в системе T-Flex Технология»;
- 3) Актом внедрения №1 от 04.06.2016 года «Программы динамической перегрузки конструкторско-технологической информации из программы «T-Flex DOCs» в программу «1С :Управление производственным предприятием»» и отражены в «Программе инновационного развития на 2016-2019г.г.» как выполнение первого этапа «Внедрения системы управления информационной поддержкой ЖЦ продукции в единой интегрированной среде» (Итоги выполнения Программы за 2016 год утверждены Советом Директоров 14.04.17г.)

Использование результатов диссертационной работы привело в повышению:

- 1) эффективности функционирования и качества организации взаимодействия конструкторско-технологического и производственного контуров;
- 2) управляемости производственными ресурсами на этапах производственного цикла;
- 3) производительности труда работников, занятых конструкторско-технологической подготовкой и обеспечением производства.

Заместитель генерального директора по экономике,
финансам и корпоративным вопросам

Заместитель Руководителя НИОКР, к.т.н.


А.Н. Иванов

А.Ю. Мишин

Приложение 2 Акт об использовании результатов диссертационной работы в учебном процессе

МНОБРНАУКИ РОССИИ
 федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 профессионального образования
 «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
 ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
 ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
 АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
 ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
 ул. Калинина, д. 19, г. Арзамас, Нижегородская
 обл., 607227 Телефакс (83147) 7-05-15.
 Телефон 7-04-90
 ИНН 5260001439, КПП 524302001, ОГРН 1025203034537
 E-mail: apingtu@apingtu.edu.ru



УТВЕРЖДАЮ

ДИРЕКТОР АПИ НГТУ

В.В. ГЛЕБОВ

2017г.

Дата 30.06.2017 № 594
 На № _____ от _____

Акт о реализации

АКТ

О реализации в Арзамасском политехническом институте (филиал) государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА» (АПИ НГТУ) результатов диссертационной работы Жилиной С.Б. «ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С НЕПРЕРЫВНО ПОСТУПАЮЩИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ В КОНСТРУКТОРСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЯХ»

Комиссия в составе Шурыгина А.Ю., Шарова В.А., Свердлова Р.В., Рязанова А.В. установила, что в АПИ НГТУ использованы:

- 1) метод «Информационная петля» и алгоритмы интеграции информационных систем, основанные на пуассоновских свойствах документопотоков и отражающие процесс прохождения изменений в производстве, проведенных в КТ документации;
- 2) алгоритмы, обеспечивающие согласованное взаимодействие участников производственных отношений на основе бизнес-процессов автоматизированного формирования специально разработанных электронных документов с использованием единой базы нормативно-справочной информации в рамках модели ЕИП;
- 3) концептуальная модель обеспечения производства комплектующими изделиями с учетом извещений по изменениям и математическая модель расчета срока хранения ПКИ до постановки в изделие в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» в программах следующих дисциплин:

- «Применение пакетов прикладных программ в проектировании электронных средств»;
- «Технология производства электронных средств»;
- «Новая технология электронных средств».

Председатель комиссии:

Зам. директора АПИ НГТУ, к.т.н. доцент

Шурыгин А.Ю.

Члены комиссии:

Доцент кафедры КиТРС, к.т.н., доцент

Шаров В.А.

Доцент кафедры КиТРС, к.т.н.

Свердлов Р.В.

Доцент кафедры КиТРС, к.т.н.

Рязанов А.В.

Приложение 3 Пример печатной формы электронного документа ЭКВ

Комплектовочная ведомость на узлы (блоки)													
Заказ: 6915 ГЗ			исполнитель _____			Основание: план-график №45 от 01.07.2014							
			мастер _____			контролер _____							
№ зкс.	№ комп. ведом.	№№ комп. лектов	Копич. узлов в таре	Цех-потребитель	КОМПЛЕКТОВОЧНАЯ ВЕДОМОСТЬ		Срок службы изд. (Гид)	Срок сборки изд. Т сб	Подпись начальн. произв.	Назначение ком-плектов	Комплектовал дата, подпись	Проверил подпись, штамп	
					Плата формовочная ПФ	ТО							
1	564	56	1	15			18 л. б м.	3 м.		"Привема ПЗ"			
19	19	19	19	19			ТО	ТО	19	19	15	9	
Наименование КИ, ГОСТ, ТУ					Шифр	Количество	Вид приемы	Срок хранения КИ до постановки в изд. (Г)	Дата выпуска КИ	Количество КИ	Срок хранения КИ в упаковке завода-изгот.	Срок сохр. КИ (Гс)/срок сохр. КИ до ввода в эксплуатацию (Гсдв) (Тсдв)	Примечание (ВР, решения)
					ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО	ТО
					1	3	4	5	7	8	9	10	11
Резонатор РК46-7ДЧ-383.989К-В ац0.338.070ТУ					99001125520	1	1	ПЗ	1 г. 3 м.			20 л.	
Микросхема 1526ЛН1ММ АЕЯР.431200.139-13ТУ					62329733037	1	1	ПЗ	6 л. 3 м.			25 л.	
Микросхема 1526ЛА7ММ АЕЯР.431200.139-01ТУ					62329732470	1	1	ПЗ	6 л. 3 м.			25 л.	
Микросхема 1526ИЕ11ММ АЕЯР.431200.139-02ТУ					62329732606	2	2	ПЗ	6 л. 3 м.			25 л.	
Разработал Семенов													
Нач. ГО/Пров. Зозуля													
Нач. отд. 62 Яшин													
Нач. отд. 55													
					Изм.	лпг.	№ док	Подп.	Дата	Лист 1 из 3			

