

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

КАЗАНЦЕВ МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ОПЫТНОГО, ПОЗАКАЗНОГО
И МЕЛКОСЕРИЙНОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

05.13.06 – “Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (промышленность)”

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор Легалов А. И.

Красноярск 2018

Содержание

Введение.....	4
Глава 1. Основные факторы, определяющие специфику предприятий радиоэлектронной промышленности	11
1.1 Особенности позаказного производства.....	11
1.2 Подходы к автоматизации промышленных предприятий	20
1.3 Современные подходы и методы производственного планирования	28
1.4 Практика применения автоматизированных систем на приборостроительных предприятиях РФ	34
1.4.1 Автоматизированная система АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева	35
1.4.2 Автоматизированная система управления инженерными данными и производством АО НПЦ «Полус», г. Томск.	37
1.4.3 Автоматизированная система управления АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов».	38
1.4.4 Автоматизированная система управления АО «НИИ измерительных приборов-Новосибирский завод имени Коминтерна».....	39
1.4.5 Существующая автоматизированная система управления АО «НПП «Радиосвязь».....	39
1.5 Анализ используемых программных комплексов	47
1.6 Выводы по главе 1	49
Глава 2. Информационная модель позаказного производства с учетом изменения производственных планов.....	50
2.1 Этапы создания АСУП и концепция CALS	50
2.2 Информационное взаимодействие этапов жизненного цикла продукции	56
2.3 Модель организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством.....	60
2.4 Учет изменения состава изделия.....	64
2.5 Функции системы диспетчирования производства.....	69

2.6 Схема взаимодействия информационных систем	73
2.7 Выводы по главе 2	74
Глава 3. Архитектура системы диспетчирования производства.....	75
3.1 Модели процессов.....	75
3.2 Модель реляционной базы данных	86
3.3 Диаграмма прецедентов	88
3.4 Диаграмма развертывания	90
3.5 Интеграция системы в существующую АСУП.....	92
3.6 Выводы по главе 3	99
Глава 4. Реализация программного комплекса и оценка эффективности системы.....	100
4.1 Реализация программного комплекса.....	100
4.2 Оценка эффективности разработанной системы диспетчирования позаказного радиоэлектронного производства.....	113
4.3 Выводы по главе 4	116
Заключение	117
Список использованных источников	119
Список использованных сокращений	135
Приложение А	137
Приложение Б	140

Введение

Актуальность темы. Для современных приборостроительных предприятий, основными являются задачи оперативного реагирования и принятия оптимальных решений в процессе производства, что возможно только при наличии адекватной автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). Чтобы обеспечить конкурентоспособность научно-производственные предприятия должны оперативно реагировать на потребности рынка, обеспечивать изготовление продукции в сроки, установленные в контрактах, проводить модернизацию изготавливаемой продукции, разрабатывать новые изделия и максимально быстро запускать их в серийное производство. Для обеспечения данных требований автоматизированная система управления предприятием должна способствовать выпуску продукции в соответствии с производственным планом, гибко реагировать на запуск в производство опытных образцов продукции, а также обеспечивать равномерную загрузку оборудования для своевременного выпуска деталей и сборочных единиц (ДСЕ) [1-3].

Задачи такого плана усложняются на предприятиях радиоэлектронной промышленности, где ведется разработка и изготовление продукции в условиях малой серии, позаказном и опытном производстве. Это связано с тем, что сложные комплексы радиоэлектронных систем имеют длительные сроки изготовления, высокий уровень вхождений ДСЕ и зачастую на этапе запуска в производство имеют только маршрутную технологию. Все это приводит к тому, что на этапе производства добавляется большое количество изменений конструкторской и технологической документации. В результате появляется, множество производственных приказов, связанных с модификацией уже создаваемых изделий, которые должны быть максимально быстро доведены до исполнителей для успешного выполнения производственных заказов и исключения затрат на изготовление деталей и блоков, снятых с производства. Для успешного выполнения заказов необходима возможность проведения анализа состава заказа и вносимых изменений в различных разрезах и на разных этапах производства.

Применение существующих систем, решающих задачи управления производством, таких как типовые версии «Гольфстрим» [4] и «1С: Управление производственным предприятием» [5], в условиях малой серии, позаказном и опытно-малосерийном производстве не обеспечивает всех необходимых функций.

Вопросам оперативно-календарного планирования с точки зрения планирования работ во времени, управления и организации производством было посвящено большое количество работ как отечественных, так и зарубежных ученых. Постановке и решению задач планирования в производстве с точки зрения классических методов математического программирования, теории графов и сетей были посвящены работы С. А. Ашманова [6,7], Р. Беллмана, Е. С. Вентцель [8], А. Ф. Горшкова [9], Дж. Б. Данцига [10], С. Дрейфуса, Л. В. Канторовича [11], В. Г. Карманова, Н. Кристофидеса [12], Э. А. Мухачевой [13,14], Т. Саати, М. Свами [15], Д. Филлипса [16] и других авторов. Вопросам планирования с точки зрения аппарата теории расписаний были посвящены исследования Ф. Баптиста, П. Брукера, В. С. Гордона, Д. С. Джонсона, С. М. Джонсона [17], Р. В. Конвея [18], В. Л. Максвелла [18], Л. В. Миллера, Р. Паркера, М. Пинедо, Т. П. Подчасовой, С. В. Севастьянова [19,20], Ю.Н. Сотскова, В. А. Струсович, В. С. Танаева, В. Г. Тимковского, Я.М. Шафранского и других авторов. Вопросы организации и управления производством рассматривались в работах Б. С. Балакшина [21], М. Х. Блехермана [22,23], Р.Р. Загидуллина [1,24-30], Б. Г. Ильясова [31], Б. И. Кузина [32], Г. Г. Куликова, В. И. Левина [33], В. Г. Митрофанова [34], А. А. Первозванского [35,36], А.В. Речкалова [37], Р. Л. Сатановского [38], Ю. М. Соломенцева [39-41], Н.М. Султан-заде [42], Е. Б. Фролова [43-45], Б. Я. Фалевича [46,47], А. Д. Чудакова [46-48], К.С. Кульга [24,49-51] и других авторов.

Данные работы являются базисом для дальнейших исследований и учитывались автором в своей работе. Вместе с тем следует отметить, что вопросы, связанные с изменением производственных планов при позаказном производстве исследованы неполно.

Таким образом, на сегодняшний день одной из актуальных проблем для научно-производственного предприятия, работающего в условиях мелкосерийного и позаказного производства, является задача оперативного реагирования на изменение конструкторской и технологической документации в процессе производства, информации о месте нахождения и состоянии в производстве каждой детали и сборочной единицы.

Целью работы, является повышение эффективности принятия управленческих решений за счет автоматизации планирования и контроля изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц при позаказном производстве и постоянно изменяющихся производственных планов в радиоэлектронном производстве.

Задачи исследования:

1. Провести анализ процесса позаказного производства предприятий радиоэлектронной промышленности и проблем его информационного сопровождения. На основе проведенного анализа определить специфику, связанную с изменением состава изделия, в ходе производства и особенности системы диспетчирования ДСЕ в позаказном производстве.

2. Разработать модель организационно-технической системы управления позаказным производством, описывающую процессы информационной поддержки позаказного производства в условиях изменения производственных планов. Провести анализ их взаимодействия с существующими АСУП.

3. На основе модели организационно-технической системы управления позаказным производством, обеспечить информационную поддержку производства ДСЕ.

4. Провести интеграцию разработанного ПО с существующей на АО «НПП «Радиосвязь» автоматизированной системой управления предприятием и обеспечить их согласованное взаимодействие.

Методология и методы исследования: при разработке структуры системы задача рассматривалась с точки зрения системного подхода к классификации входной и управляющей информации. При определении зависимостей, между множеством временных параметров расписаний и структурных особен-

ностей элементов АС, использовались теория графов и сетей, аппарат теории расписаний, теория управления базами данных.

Научная новизна и положения, выносимые на защиту

1. Предложена модель организационно-технической системы управления позаказным производством, которая, в отличие от существующих моделей, учитывает возможность оперативного изменения процесса производства в радиоэлектронной промышленности, работающего в условиях постоянно изменяющегося производственного планирования, что позволяет повысить эффективность управления производственным процессом и материальными ресурсами.

2. Разработан новый метод эффективной организации специализированного информационного и программного обеспечения, включающий архитектурные и структурные решения, базу данных, алгоритмы управления базами данных и программные модули диспетчирования позаказного производства, что в отличие от существующих универсальных систем повысило оперативность принятия управленческих решений при изменении производственных планов в ходе изготовления деталей и сборочных единиц в радиоэлектронном производстве и позволило повысить оперативность управления производством.

3. Разработан метод, обеспечивающий интеграцию разработанной системы диспетчирования позаказного производства с системами планирования производства, складского учета и конструкторско-технологического сопровождения производства, что обеспечило комплексное сопряжение предложенной системы диспетчирования с уже существующей АСУП.

Практическая ценность

На основе предложенной модели разработана система диспетчирования радиоэлектронного производства, интегрированная в производственный процесс позаказного производства, что повысило достоверность и оперативность планирования, в том числе и по неучтенным чертежам. Разработанная система внедрена в заготовительном, механообрабатывающем и механосборочном производстве АО «НПП «Радиосвязь».

Работа выполнена при поддержке федеральной целевой программы «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008 - 2015 годы по государственному контракту №11411.1006800.11.319 от 05.12.2011 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 21 работа, из них 7 в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ, получено 3 свидетельства на регистрацию программного продукта.

Апробация работы. Диссертационная работа и её отдельные разделы докладывались и обсуждались на:

- Всероссийских научно-технических конференциях «Молодежь и наука – XXI век», г. Красноярск, 2004-2008гг.
- XI молодежной школе-конференции «Лобачевские чтения-2012», г. Казань, 2012г.
- XVI Международной научной конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, 2012 г.
- 51 международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический процесс», г. Новосибирск, 2013 г.
- 66-ой научной конференции (Актуальные информационные системы и технологии моделирования) Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования. Герценовские чтения, г. Санкт-Петербург, 2013 г.
- Крымской Международной Математической Конференции, г. Симферополь, 2013 г.
- XI Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», г. Томск, 2015.
- Международной конференции «Цифровая индустрия промышленной России», г. Иннополис, 2016.
- III Всероссийской научно-технической конференции «Системы связи и радионавигации», г. Красноярск, 2016.

- XII Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления», г. Томск, 2016.
- 56 международной научной студенческой конференции, г. Новосибирск, 2018 г.
- V Всероссийской научно-технической конференции «Системы связи и радионавигации», г. Красноярск, 2018.

Во введении представлены актуальность, цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая ценность исследования и приведено краткое содержание работы.

В первой главе проведен анализ специфики позаказного производства предприятий радиоэлектронной промышленности, существующих концепций и систем автоматизации промышленных предприятий, представлено описание специфики предприятий радиоэлектронной промышленности работающих в условиях позаказного производства, малой серии и опытного производства. Показано, что существующие системы не поддерживают автоматизацию позаказного производства в условиях изменения производственных планов.

Во второй главе предложена модель организационно-технической системы управления позаказным производством, определены необходимые функции, разработана схема взаимодействия информационных систем, описаны модели процессов системы планирования и диспетчирования мелкосерийного и опытного производства, охватывающей все этапы изготовления ДСЕ в радиоэлектронном производстве. Показано, что включение в систему автоматизации предприятия дополнительной подсистемы, учитывающей изменение производственных планов и документации при позаказном производстве изменяет методы планирования, внося в них свои дополнительные коррективы.

В третьей главе на основе предложенной модели организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством, выбранного набора функции и определении места системы диспетчирования в общей информационной системе предприятия, был разработан метод эффективной организации специализированного информационного и программно-

го обеспечения. Данный метод включают в себя архитектурные и структурные решения, на основе которых разработаны функциональная модель изготовления ДСЕ при позаказном производстве, диаграммы прецедентов и развертывания системы диспетчирования позаказного производства, а также модель реляционной базы данных. Разработан метод, обеспечивающий интеграцию разработанной системы диспетчирования позаказного производства с системами планирования производства, складского учета и конструкторско-технологического сопровождения производства, что обеспечило комплексное сопряжение предложенной системы диспетчирования с уже существующей АСУП.

В четвертой главе рассмотрена реализация программного комплекса диспетчирования производства. Представлены основные экранные формы и описана реализация функций предъявленных к созданной системе, приведены оценки эффективности использования предложенной системы.

Глава 1. Основные факторы, определяющие специфику предприятий радиоэлектронной промышленности

В ходе анализа рассмотрены особенности производства изделий радиоэлектронной промышленности при позаказном производстве и существующие концепции автоматизации, а также автоматизированные системы управления производством.

1.1 Особенности позаказного производства

Организация мелкосерийного позаказного производства на предприятии существенно отличается от организации крупносерийного производства. В качестве отличий можно отметить следующее:

- Организация крупносерийного производства предполагает работу на склад (Make to Stock) [52] и объем производства планируется исходя из оптимальной загрузки производственных мощностей;
- При изготовлении на заказ (Make to Order или Build to order) [53] объем выпуска планируется исходя из поступивших заказов на продукцию. Различают разработку на заказ (Engineering to Order) [54], которая начинается с проектирования заказанного изделия, разработки конструкторской и технологической документации и сборку на заказ (Assembling to Order), при которой используется уже имеющаяся на предприятии конструкторская и технологическая документация на различные узлы, однако допускается небольшая вариабельность состава изделия в зависимости от заказа клиента.

Такое отличие в серийном и позаказном производстве приводит к принципиальной разнице в работе производства и организации учета на нем.

1.1.1 Специфика большой номенклатуры изделий и компонентов

При позаказном производстве изделий электроники фактически каждый заказ является уникальным изделием. Повторяемость заказов в общем объеме

заказов достаточно невелика, по сравнению с новыми заказами, что приводит к большому росту номенклатуры изделий.

Для изготовления нового изделия требуется проведение ряда операций по технологической подготовке производства, включающие разработку конструкторской и технологической документации, трудовое и материальное нормирование, создание фотошаблонов и управляющих программ для станков с ЧПУ, создание оснастки и др. Весь цикл операций зависит от конкретного заказа и должен прорабатываться индивидуально. Радиоэлектронные изделия являются сложными и высокотехнологичными, состоят из большого количества компонентов, имеют сложный технологический процесс изготовления.

Для эффективной работы позаказного производства необходимо синхронизировать все операции конструкторско-технологической подготовки производства и обеспечить работу с большим объемом номенклатуры изготавливаемых изделий. Чтобы получить максимальную скорость подготовки производства, требуется параллельная, а не последовательная разработка конструкторской и технологической документации.

1.1.2 Особенности сопровождения заказа

Каждый заказ в производстве требует соблюдения ряда формальных правил и оформления целого пакета сопроводительных документов.

Заказ является договором между заказчиком и производителем, в котором указываются условия договора, сроки и стоимость. К договору, как правило, идут различные приложения, уточняющие, а иногда и меняющие содержимое договора. В российской действительности, постоянно происходит изменение условий договора даже в процессе изготовления изделий. Изменяется количество требуемых к изготовлению изделий, корректируются технологические процессы изготовления, меняется состав и структура изделий.

Помимо создания и ведения договора на заказ необходимо проверять и отслеживать наличие последней версии конструкторской и технологической документации. При поступлении писем от заказчика на корректировку заказа, необ-

ходимо актуализировать процессы согласования заказа, технологической подготовки и др.

Неотъемлемой частью заказа является его оплата, которая может быть разделена на несколько частей по условиям договора. Необходимо контролировать своевременность и полноту поступления авансов и окончательного расчета.

1.1.3 Расчет затрат и себестоимости каждого изделия

Для любого производства конкурентоспособность является основным критерием выживания на рынке. Конкурировать приходится как с мелкосерийными производителями, так и с крупносерийными производителями. Себестоимость изделия при мелкосерийном производстве выше себестоимости того же изделия при массовом производстве. Для обеспечения конкурентоспособности цены необходимо точно знать себестоимость изготовления каждого изделия, структуру затрат и возможности по манипулированию стоимостью готового изделия.

Получение точного расчета себестоимости и структуры затрат возможно только после обработки конструкторской документации, создания технологического маршрута и уточнения цен на необходимые материалы и ПКИ. Такой расчет не может быть получен быстро и кроме того требует работы конструкторов, технологов и снабженцев, что также является затратами на производство изделия. Для быстрого получения стоимости заказа необходимо использовать оценочные алгоритмы, позволяющие рассчитать стоимость заказа с достаточной степенью точности. Стоимость заказа, полученная такими алгоритмами, является предварительной и уже в процессе оформления заказа уточняется на основе полного расчета себестоимости и затрат. Наибольшую сложность расчета стоимости заказа вызывают заказы с военной приемкой. В этом случае необходимо осуществлять расчет в соответствии с согласованными с военными представителями стоимостями работ, материалов и др. Для эффективного управления производством необходим оперативный учет и анализ всех затрат производства, с детализацией до конкретных заказов.

1.1.4 Сложность планирования производства

Создание производственного плана для крупносерийного и массового производства является линейной функцией, поскольку каждое оборудование в технологической цепочке используется один раз. Для мелкосерийного производства каждая номенклатура изделия имеет собственный маршрут изготовления. При одновременном изготовлении различных изделий, маршруты их изготовления пересекаются. Кроме этого, технологический процесс может быть построен таким образом, что для выполнения очередной технологической операции деталь повторно поступает для обработки на один и тот же станок. Это приводит к возникновению так называемых петель в структуре материальных потоков деталей и существенно усложняет планирование производства. Эта особенность не учитывается в существующих моделях поточных автоматических линий, так как при массовом производстве в этом случае для обеспечения высокой производительности используются дополнительные единицы оборудования.

Большое число операций, прикрепляемых к одному рабочему месту, создает обстановку часто меняющихся производственных условий на рабочих местах, что выражается в частых изменениях настройки оборудования, заменах инструмента и приспособлений, смене на рабочих местах сортаментов и марок материала, подвергающегося обработке, в постоянном освоении новых работ по новым чертежам и техническим условиям. Все это требует дополнительного времени, которое должно учитываться при планировании, а в оптимальном случае, при планировании необходимо группировать идентичные ДСЕ разных заказов для уменьшения количества переналадок.

При пересечении технологических маршрутов изготовления изделий возникает проблема неравномерности загрузки оборудования - перед некоторыми станками накапливаются очереди из ожидающих обработки деталей, в то время как другое оборудование, находящееся в маршрутах деталей до или после перегруженного станка, может простаивать. По причине колебаний во входящем потоке заказов и различии технологий изготовления конкретных заказов, в разные

моменты времени перегруженным можем оказаться совершенно разное оборудование. При такой ситуации, покупка дополнительного оборудования для перегруженного участка может не дать эффекта, поскольку при выполнении других заказов перегруженным окажется другое оборудование.

Одновременное изготовление нескольких заказов, длительный технологический процесс изготовления, большое количество используемого для изготовления оборудования не позволяют решить задачу планирования перебором возможных вариантов за реально допустимое время. Для расчета плана производства необходимо использовать алгоритмы, учитывающие особенности конкретного производства или использовать оценочное, статистическое или экспертное планирование сроков. Изменение состава изделия при позаказном производстве вносить дополнительные коррективы в процесс планирования

1.1.5 Сложность производственного процесса

Электронные изделия являются сложными, высокотехнологичными изделиями, требующими большой точности при изготовлении и строгого соблюдения всех норм и правил изготовления. Изделия, как правило, имеют сложную структуру и состоят из различных деталей и сборочных единиц, каждая из которых имеет собственный технологический процесс изготовления. В процессе изготовления, изделия могут проходить различные стадии, для которых используются разные единицы учета.

Такие изменения в процессе изготовления изделий существенно усложняют автоматизацию учета на производстве. Значительные трудности при автоматизации производства так же возникают из условия, что любое мероприятие должно решаться конкретно для данного изделия, детали и продукта в соответствии с их особенностями и техническими требованиями. Высокие требования к точности изготовления изделий приводят к необходимости учитывать при изготовлении изделий возможность появления брака. Чем выше точность изделия, тем больше вероятность возникновения брака из-за уменьшения допусков при изготовлении. Нормы брака при изготовлении учитываются в коэффициентах,

которые увеличивают количество запускаемых в производство изделий. Для крупносерийного и массового производства брак покрывается большим количеством изготавливаемых изделий. Для мелкосерийного производства брак может составлять ощутимую часть стоимости заказа. В случае возникновения брака, при позаказном производстве, необходимо пересчитать количество изготавливаемых изделий для всех последующих операций. Если объем получившегося брака превышает допустимые нормы, то необходимо создать внутренний заказ на изготовление недостающего количества изделий. При этом производство этих изделий проходит полный технологический цикл. Такие операции называются допланировками на основании акта о браке и затраты на нее являются расходами производства. Контроль объемов брака, пересчет изделий к изготовлению вследствие брака, оперативные допланировки являются большими проблемами при организации позаказного производства.

Себестоимость обработки изделия при мелкосерийном производстве значительно больше, чем при массовом. Поэтому во многих случаях экономически целесообразной является доработка исправимого брака. Исправление брака требует дополнительных затрат рабочего и станочного времени, электроэнергии и других ресурсов, и также ведет к возникновению потоков возврата изделий, поступающих на доработку и требует корректировки технологического процесса.

При изготовлении сложных изделий, с учетом возможного брака, в случае если брак не появился, образуются излишки продукции. Для оптимизации затрат, некоторые технологические операции могут не проводиться над получившимися излишками. В таком случае излишки являются полуфабрикатом. Для учета и работы с излишками необходим специализированный склад. Наличие такого склада позволяет:

- брать излишки продукции под новый заказ, тем самым уменьшая количество изделий к изготовлению, в этом случае должен создаваться наряд на доработку излишек;

- резервировать планируемые излишки по другим заказам для нового заказа, это требует постоянного отслеживания нескольких заказов с позиции возникновения на них брака;

Отслеживание и работа с излишками позволяет сократить затраты производства на изготовление изделий.

Каждое производство может иметь свои особенности изготовления изделий, без учета которых сложно организовать эффективную схему управления производственной деятельностью. Все эти особенности должны учитываться при автоматизации производства. Изменение документации еще больше усугубляет эту проблему, так как наряду с излишками, возникающими из-за брака появляются излишки связанные с изготовлением изменяемых ДСЕ и их последующей доработкой.

1.1.6 Отслеживание изготовления каждого заказа

Отслеживание состояния каждого заказа на производстве является критической необходимостью для позаказного производства. Необходимо в любой момент времени знать, что происходит с конкретным заказом, на какой технологической операции находится производство заказа, какие проблемы возникли при изготовлении заказа.

Для персонификации заказа на производстве удобно использовать механизм штрих-кодирования, который позволяет моментально идентифицировать заказ. Наличие сканеров штрих-кодов на рабочих местах в цехе позволяет организовать диспетчирование заказов в реальном режиме времени. Для каждого сканера штрих-кодов настраивается его рабочая операция или список операций, если используется один штрих-сканер на участке. Привязка сканера штрих-кодов к технологической операции позволяет автоматически идентифицировать не только заказ, но и конкретную выполняемую операцию, что обеспечивает минимизацию времени по диспетчированию заказов. Внесение информации о выполнении заказа позволяет организовать мониторинг состояния производства по различным критериям:

- все текущие заказы;
- заказы конкретного заказчика;
- конкретный заказ;
- конкретная партия ДСЕ.

Важной информацией является оценка загруженности производственного оборудования в разрезе технологических операций. Как уже говорилось ранее, при отслеживании изготовления заказов необходимо контролировать возникновение брака, как по текущему заказу, так и по другим заказам, с аналогичными изделиями.

Кроме отслеживания состояния заказа на производстве необходимо отслеживать соблюдение сроков оформления документов по заказу. При оформлении заказа необходимо резервировать материалы для него, а уже при изготовлении заказа списывать их на этот заказ. В итоге, необходимо, что бы каждый этап изготовления заказа фиксировался, и фиксировались любые изменения по заказу. Только обеспечив прозрачность изготовления каждого заказа можно добиться эффективности их производства.

1.1.7 Организация работы складов

При позаказном производстве, склад работает на основании потребности на закупку материалов по всем заказам. Алгоритм работы склада, при позаказном методе производства, можно представить в виде следующих шагов:

- контроль и поддержка минимальных остатков по часто-используемым материалам. Минимальные остатки рассчитываются исходя из 2-х недельной потребности производства в этих материалах;
- при поступлении нового заказа, резервируется материал, существующий на складе;
- в случае отсутствия материала или нехватки его формируется требование на закупку материала;

- на основании требований на склад осуществляется подбор поставщиков, и формируются заказы к поставщикам;
- для новых заказов уточняется актуальная цена на используемые материалы (если цена на материал не обновлялась в течении последних 3-х месяцев);
- для редко-используемых материалов, которые можно закупить только партиями, с заказчиком согласовывается цена партии или используется материал заказчика.
- при приходе новых материалов на склад они резервируются под существующие требования.
- когда для процесса изготовления требуется материал, он получается на складе и списывается под конкретный заказ.
- расходные материалы, используемые на производстве, должны списываться на все заказы, для которых были использованы эти материалы, пропорционально объему их использования.

Такой алгоритм работы склада обеспечивает прозрачность его работы в разрезе выполняемых заказов. Учет изменений состава заказа требует пересмотра резерва материалов в зависимости от порядка изготовления заказов.

1.1.8 Проблемы позаказного производства

На текущий момент отмечен ряд проблем информационной поддержки стадий жизненного цикла продукции вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) [55]. К этим проблемам относятся:

- узкий спектр предлагаемых товаров и услуг;
- трудность обработки и распределения заказов, запросов и контрактов;
- низкая оперативность получения достоверной текущей информации;
- отсутствие технической документации, отсутствие электронных интерактивных средств;
- большой цикл подачи и прохождения заявок на изготовление, ремонт и другие услуги;

- лавинообразно растущее количество обрабатываемых документов;
- отсутствие требуемого уровня информационной поддержки удаленных потребителей;
- недостаточность информации о поставщиках, комплектующих и их технических характеристик;
- отсутствие единого информационного пространства;
- отсутствие полной структурированной информации о выполнении контрактов.

Данные проблемы ведут к падению маркетинговой привлекательности продукции и уменьшению возможной прибыли.

Величина затрат на поддержку подготовки производства является одним из важнейших потребительских параметров сложных наукоемких изделий, к которым, без сомнения, относится радиоэлектронная аппаратура. Такие затраты складываются из затрат на конструкторское и технологическое проектирование, организацию и поддержку производства продукции. Сокращение затрат (как временных, так и финансовых) на поддержку таких процессов в конечном итоге приводит к повышению уровня конкурентоспособности выпускаемой продукции. Таким образом, обеспечение конкурентоспособности производимых изделий радиоэлектронной аппаратуры заключается, в том числе, в создании научно-производственной инфраструктуры разработки и производства таких изделий на основе коренной модернизации производственно-технологической базы, опережающего развития интегрированных систем управления процессами, организации производства выпускаемой продукции.

1.2 Подходы к автоматизации промышленных предприятий

В настоящее время существуют различные концепции управления жизненным циклом промышленных изделий, направленные на автоматизацию управления производством.

1.2.1 Концепция управления жизненным циклом

В настоящее время на передовых предприятиях России и мира внедряются системы управления жизненным циклом промышленных изделий. Данная концепция включает в себя автоматизацию всех этапов информационной поддержки промышленных изделий от разработки до утилизации.

Идет работа по стандартизации информационной поддержки стадий жизненного цикла продукции вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), в ходе выполнения диссертационной работы учитывались следующие группы стандартов:

- информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции [56-62];
- технологическая подготовка производства [63];
- интегрированная логистическая поддержка [64-72];
- стоимость жизненного цикла продукции военного назначения [73];
- эксплуатационная и ремонтная документация [74];
- порядок идентификации и каталогизации продукции [75-80];
- порядок информационного обмена и ведения справочников и документов [81-84].

Также в настоящий момент существует концепция разработки, внедрения и развития системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники [55]. В рамках этой концепции планируется создание единого информационного пространства с возможностью получения развернутой информации по продукции на всех стадиях жизненного цикла [85]. Автоматизированные системы, внедряемые в рамках данной концепции производят такие компании как:

- Dassault Systemes (ENOVIA, CATIA, DELMIA, SIMULIA, 3DVIA, Exalead) [86],
- Siemens PLM Software (Teamcenter, NX, Velocity Series, Solid Edge, Syncrofit, Tecnomatix, PLM Components) [87],

- Parametric Technology Corporation (Windchill, PDS, Creo, Mathcad, Arbortext) [88],
- Топ Системы (T-FLEX-DOCS/ CAD 2D/ 3D/ Анализ/ Динамика/ Технология/ Нормирование/ ТООР, ЧПУ) [88],
- АСКОН (Компас-График/ 3D, Вертикаль, Гольфстрим, Лоцман, DEXMA) [89-91],
- Лотсия софт (Lotsia PDM PLUS, Lotsia ERP) [88],
- НИЦ «Прикладная Логистика» (PDM STEP Suite (PSS) [88],
- Technical Guide Builder (TGB), LSA Suite, ATLAS [92].

Программные комплексы данных производителей преимущественно охватывают этапы разработки и конструкторско-технологической подготовки производства и частично этапы производства и сервисного обслуживания в типовых версиях данных систем не предусмотрено оперативное реагирование на изменение состава изделия в процессе производства.

1.2.2 Системы управления ресурсами предприятия

В настоящее время на предприятиях широко используются системы управления ресурсами предприятий ERP (Enterprise resource planning) [1, 28, 52, 93]. По сути они являются следующим эволюционным классом систем управления MRP (Material Requirements Planning) [51] и MRP II (Manufacturing Resource Planning) [94].

Системы MRP были предназначены для решения задач планирования потребности в материалах на основе прогнозируемого запаса сырья, спроса и спецификации выпускаемых изделий. Стандарт концепции систем управления MRP II включает больше функций по сравнению с MRP. В таблице 1.1 приведены функции MRP II [94].

Таблица 1.1 – Функции MRP-II

№	Наименование функции
1	Планирование продаж и операций (Sales & Operations Planning)
2	Управление спросом (Demand Management)

№	Наименование функции
3	Главный календарный план производства (Master Production Scledule)
4	Планирование потребности в материалах (Material Requirements Planning)
5	Подсистема спецификаций (Bill of Material Subsystem)
6	Подсистема операций с запасами (Inventory Transaction Subsystem)
7	Подсистема запланированных поступлений по открытым заказам (Scheduled Receipts Subsystem)
8	Оперативное управление производством (Shop Floor Control or Production Activity Control)
9	Планирование потребности в мощностях (Capacity Requirements Planning)
10	Управление входным/выходным материальным потоком (Inpup/Output Control)
11	Управление снабжением (Purchasing)
12	Планирование ресурсов распределения (Distribution Resource Planning)
13	Инструментальное обеспечение (Tooling)
14	Интерфейс с финансовым планированием (Financial Planning Interfaces)
15	Моделирование (Simulation)
16	Оценка деятельности (Performance Measurement)

В основу систем управления нового поколения ERP практически без изменений был положен стандарт MRP II. По сути системы управления ERP явились следствием нарастающей интеграции в мире бизнеса и развитием вычислительной техники в целом.

Характерными представителями современных ERP-систем верхнего уровня являются системы:

- R/3 (SAP) [1];
- BAAN IV (BAAN) [1];
- Oracle Applications (Oracle Corporation) [1];
- MFG/PRO (QAD) [93];
- People Soft (People Soft Inc) [94];
- OneWorld (J. D. Edwards) [93];
- Syteline (Symix Systems) [50];
- Axapta (Microsoft) [50];
- Navision (Microsoft) [50];

К отечественным системам можно отнести системы:

- «Парус» [95],

- «Галактика» [96],
- «Флагман» [97],
- 1С «Управление производственным предприятием» [98].

Перечень задач, которыми должна обладать система ERP [1], для крупного промышленного предприятия приведен в таблице 1.2. Этот перечень является обобщенным, так как в настоящее время не выработаны четкие рекомендации относительно состава функций систем управления класса ERP.

Таблица 1.2 – Перечень функций типовой ERP-системы

№	Наименование функции
1	Планирование продаж и производства
2	Моделирование деятельности предприятия
3	Управление спросом
4	Составление плана производства
5	Логистическая поддержка продукции
6	Планирование потребностей в сырье и материалах
7	Управление материальными потоками
8	Управление персоналом
9	Управление документооборотом
10	Спецификации продукции
11	Складская подсистема
12	Система конструирования и проектирования
13	Технологическое проектирование
14	Оперативно-календарное планирование
15	Управление производством на цеховом уровне
16	Диспетчирование производства
17	Планирование производственных мощностей
18	Учёт персональных затрат и времени
19	Контроль качества продукции
20	Отгрузка готовой продукции
21	Техническое обслуживание и ремонт оборудования
22	Анализ незавершённого производства
23	Материально-техническое снабжение
24	Планирование запасов сбытовой сети
25	Планирование и управление инструментальными средствами
26	Финансовое планирование
27	Послепродажное обслуживание клиентов
28	Оценка результатов деятельности (функциональный аудит деятельности)

Содержание таблицы показывает, что функции ERP имеют сильное различие по сравнению с системами, построенными на базе стандарта MRP II. По своей сути структура ERP-систем является сетевой, основой которой является хранилище данных. Каждая подсеть общей структуры представляет собой отдельный контур:

- производственный контур (подготовка производства, планирование, диспетчирование);
- финансовый контур (бухгалтерия, финансовая служба предприятия);
- контур информационных технологий;
- контур материально-технического обеспечения.

Основными задачами ERP-систем является управление информационными и ресурсными потоками на уровне предприятия в целом. В большинстве случаев, в особенности по отношению к таким бизнес-процессам, как производственное планирование, это носит характер разработки укрупненных планов работы цехов в целом.

Принцип наследования основных функций лежит в основе развития любых систем. Системы управления класса ERP были созданы как системы управления потоками ресурсов и информации в масштабах предприятия. Таким образом, здесь в основу взяты принципы разработки укрупненных моделей. А задачи получения детализированных расписаний работы оборудования не ставились, так как формирование расписаний связано со сложным анализом технологических факторов производства. Что, в свою очередь, затрудняет вопросы быстрой адаптации и тиражирования систем ERP для широкого круга предприятий.

Основные отличия ERP от MRP II заключаются в следующем [93]:

1. Системы ERP призваны автоматизировать все процессы на предприятии, в то время как MRP II уделяют внимание только производству.

2. В ERP есть механизмы управления не только компаниями, функционирующими в одной стране, но и транснациональными корпорациями, включая поддержку нескольких часовых поясов, языков, валют, систем бухгалтерского учёта и отчётности. Соответственно растёт и масштабируемость систем.

3. Системы ERP все больше интегрируются с приложениями, уже используемыми на предприятии (например, с приложениями для учета и управления технологическими процессами, расчета с клиентами и др.), а также с новыми разработками. Иногда ERP не может решить всех задач управления промышленным предприятием и в этом случае функционирует как база, на основе которой выполняется интеграция с другими приложениями.

4. В системах ERP больше внимания уделяется средствам поддержки принятия решений и средствам интеграции с хранилищами данных.

5. В системах ERP существуют развитые средства для конфигурации системы к конкретным условиям эксплуатации. В отличие от MRP II, в ERP больше внимания уделяется финансовым подсистемам.

6. Системы ERP, в отличие от MRP II, ориентированы на управление «виртуальным предприятием». Виртуальное предприятие, отражающее взаимодействие производства, поставщиков, партнёров и потребителей, может состоять из автономно работающих предприятий и корпораций или представлять собой географически распределённое предприятие либо временное объединение предприятий, работающих над отдельными проектами или государственной программой.

В настоящее время средства планирования систем управления ERP не позволяют разрабатывать как общих календарных планов работы оборудования для всего предприятия, так и оперативных планов работы отдельных рабочих центров. Это связано не только с вычислительной сложностью таких задач планирования, но и несет в себе структурный характер, так как в большинстве систем ERP планирование основано на применении стандарта систем MRP II, а в этом стандарте предусмотрено только объемное планирование.

1.2.3 Системы управления производственными процессами

Для планирования на уровне цехов, участков и рабочих центров в настоящее время используется концепция MES (Manufacturing Execution Systems). Ассоциацией MESA в 1997 г. опубликована модель MESA-11 [99-101] включающая 11 функций MES представленных в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Перечень функций типовой MES-системы

№	Наименование функции
1	Контроль состояния и распределение ресурсов (Resource Allocation and Status — RAS) — управление ресурсами производства: технологическим оборудованием, материалами, персоналом, документацией, инструментами, методиками работ.
2	Оперативное/Детальное планирование (Operations/Detail Scheduling — ODS) — расчёт производственных расписаний, основанный на приоритетах, атрибутах, характеристиках и способах, связанных со спецификой изделий и технологией производства.
3	Диспетчеризация производства (Dispatching Production Units — DPU) — управление потоком изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, посредством рабочих нарядов.
4	Управление документами (Document Control — DOC) — контроль содержания и прохождения документов, сопровождающих изготовление продукции, ведение плановой и отчётной цеховой документации.
5	Сбор и хранение данных (Data Collection/Acquisition — DCA) — взаимодействие информационных подсистем в целях получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия.
6	Управление персоналом (Labor Management — LM) — обеспечение возможности управления персоналом в ежесекундном режиме.
7	Управление качеством продукции (Quality Management — QM) — анализ данных измерений качества продукции в режиме реального времени на основе информации, поступающей с производственного уровня, обеспечение должного контроля качества, выявление критических точек и проблем, требующих особого внимания.
8	Управление производственными процессами (Process Management — PM) — мониторинг производственных процессов, автоматическая корректировка либо диалоговая поддержка решений оператора.
9	Управление техобслуживанием и ремонтом (Maintenance Management — MM) — управление техническим обслуживанием, плановым и оперативным ремонтом оборудования и инструментов для обеспечения их эксплуатационной готовности.
10	Отслеживание истории продукта (Product Tracking and Genealogy — PTG) — визуализация информации о месте и времени выполнения работ по каждому изделию. Информация может включать отчёты: об исполнителях, технологических маршрутах, комплектующих, материалах, партионных и серийных номерах, произведённых переделках, текущих условиях производства и т.п.
11	Анализ производительности (Performance Analysis — PA) — предоставление подробных отчётов о реальных результатах производственных операций. Сравнение плановых и фактических показателей.

Однако в 2004 году произошло сокращение функций MES [99] из их состава были выведены: оперативное/детальное планирование, управление техобслу-

живанием и ремонтами и управление документами это связано с развитием автоматизированных систем нацеленных на решение данных задач.

1.3 Современные подходы и методы производственного планирования

Производственное планирование это процесс по разработке долгосрочных и краткосрочных планов производства, основанный на определении общего уровня объемов производства с целью достижения требуемого уровня сбыта при соответствии общим целям хозяйственной деятельности по рентабельности, производительности, времени от получения до выполнения заказа [102].

Ключевые цели автоматизации производственного планирования [103, 104]:

- повышение качества выполнения заказов клиентов;
- быстрое определение возможного срока изготовления продукции по запросу клиента;
- формирование выполнимого и оптимального графика производства исходя из доступных мощностей и ресурсов;
- обеспечение выполнения обязательств перед клиентом по срокам и ассортименту и прослеживаемость выполнения заказов на всех этапах изготовления;
- оперативная реакция на отклонения в выполнении графика и на изменения заказов и как следствие пересчет графика производства;
- эффективное использование производственных ресурсов и снижение себестоимости:
 - минимизация замораживания капитала в незавершенном производстве (НЗП), исключение невостребованных работ;
 - обеспечение ритмичности производства и исключение авралов;
 - обеспечение контроля выполнения нормативных требований и использования замен и аналогов;
 - снижение влияния человеческого фактора и эффективное использование человеческих ресурсов.

Одна из важных концепций в области производственного планирования – двухуровневая модель планирования. На многих предприятиях, особенно в дискретных отраслях, можно выделить два уровня управления [105]:

- Верхний уровень — межцеховое планирование. Планирование и управление выполнением графика производства, исполнителями которого являются отдельные производственные подразделения. Функцию межцехового управления обычно исполняет производственно-диспетчерский отдел предприятия (ПДО). При таком планировании формируется график выполнения этапов производства подразделениями без детализации операций внутри этапа. Ведется координация передачи результатов выполнения этапов между подразделениями. При отклонении от графика выполняется перепланирование производственного графика, потребители оповещаются о срыве сроков.

- Нижний уровень — внутрицеховое планирование. На этом уровне организуется исполнение графика производства в отдельном подразделении – обособленной зоне ответственности планово диспетчерского бюро (ПДБ) подразделения, которым может быть цех или участок. Функцию внутрицехового планирования выполняет инженер по подготовке производства ПДБ. Для исполнения графика диспетчер или мастер подразделения формирует сопроводительные карты для конкретных ДСЕ, они отображают исполнение запланированного этапа производства. Диспетчер формирует расписание изготовления ДСЕ на рабочих центрах, организует и контролирует выполнение этого расписания.

Для оптимизации процесса планирования в производственных цехах требуется применение теории расписаний [106,107] для дискретного производства применимы следующие алгоритмы и методы:

- эвристические алгоритмы;
- мета эвристические методы;
- метод Ветвей и Границ;
- метод муравьиных колоний.

В работе [108] предложена иерархия планирования для краткосрочного ежедневного планирования производства, целью которого является, минимиза-

ция простоя оборудования при изготовлении партий деталей, размер которых рассчитан на более высоком уровне планирования на основе рабочей смены. Использование модульных и реконфигурируемых систем в сборочном производстве позволяет повысить эффективность использования станочного парка за счет сокращения времени простоев. В работах [109, 110] были предложены новые методы решения задач конфигурирования систем стратегического уровня, а также систем тактического и среднесрочного планирования производства, связанные с модульными реконфигурируемыми системами. Работа опирается на данные результаты при расширении ранее предложенной иерархии планирования на краткосрочное, ежедневное планирование производства. В результате анализа системы краткосрочного планирования были выявлены важные ограничения, такие как переналадки оборудования и своевременность обеспечения сырьем и материалами. В статье сформулированы и сопоставлены модели программирования ограничений и метаэвристики, в результате чего получены графики производства, определяющие производственные последовательности. Проведено сравнение предложенных методов с использованием реальных примеров промышленных задач.

В работе [111] рассматривается возможность применения модернизированного эволюционного алгоритма в металлургическом производстве, отмечается, что традиционные технологии планирования производства и планирование без учета специфики металлургического производства, ведет к снижению эффективности производства. В данной статье рассматривается специфика сталелитейного производства и предлагается модель планирования, оптимизирующая скорость выполнения заказа. Для решения поставленной задачи используется модернизированный мультиобъектный эволюционный алгоритм. Представляется новая функция, основанная на правиле ранжирования целей, благодаря чему достигается улучшение качества решения, и сходимость алгоритма заметно улучшается. Эксперименты по моделированию осуществлялись по фактическим заказам от производства, а предлагаемый алгоритм создал группу оптимизированных планов за короткое время. В ходе сравнения установлено, что предло-

женный алгоритм дает лучшие результаты, чем генетический алгоритм и модифицированный партено-генетический алгоритм. Результаты моделирования демонстрируют осуществимость и эффективность предлагаемой модели и алгоритма.

В статье [112] авторами предлагается многоуровневая модель планирования гибкой производственной системы, в качестве расширения модели используется алгоритм спуска. Алгоритм спуска - это жадный алгоритм, основанный на определенном принципе оптимальности для достижения цели локальной оптимизации. Также рассматривается алгоритм времени задачи, в котором время начала и окончания задания определяется по исходному состоянию текущего ресурса, начальному состоянию и рабочему периоду задания и календарю ресурсов. Алгоритм планирования, а также система планирования, основанная на предлагаемом алгоритме, который может осуществлять автоматическое планирование гибкой производства системы. В системе планирования используются два вида структур для проведения эксперимента, который проверяет правильность модели и алгоритма и закладывает основу для дальнейших исследований по планированию и моделированию гибких производственных систем.

В работе [113] рассматривается оптимизационная модель планирования объемов и ассортимента производимой предприятием продукции. В настоящее время планирование осуществляется на основе моделей с линейной целевой функцией, что не позволяет учитывать действие экономического закона убывания предельной полезности и ведет к существенным погрешностям в условиях насыщения рынка сбыта продукции. Особенность предложенной модели состоит в нелинейном характере целевой функции. Ее нелинейность в отличие от известных моделей позволяет учитывать при формировании товарной стратегии и производственной программы предприятия убывание предельной полезности. Модель предназначена для использования в автоматизированных системах управления предприятиями в интересах поддержки принятия решений при формировании перспективной товарной стратегии и производственной программы в условиях насыщения рынка сбыта продукции. Рассматриваемая модель и метод

решения проблемы оптимизации инновационных продуктов устраняет существенный недостаток популярных моделей, который состоит в предположение о линейности целевой функции.

В работе [114] представлен инновационный подход к планированию производства и составлению расписания в литейном цехе. Для описания неопределенности относительно реального количества ценных продуктов, удовлетворяющих требованиям качества клиентов, применялась интервальная арифметика. Благодаря такому подходу планировщик получает более полную информацию о потенциальном количестве готовой продукции, изготовленной на определенном горизонте планирования, а также более точную оценку потенциальных затрат. Неопределенность в представленной модели может быть уменьшена в процессе планирования. В конце каждого промежуточного периода плановики будут знать точное количество продукции, которое может быть оценена как хорошая и доставлена конечному клиенту. В результате, в конце горизонта планирования плановики будет иметь четкие цифры вместо интервалов. Но, анализируя производственные значения, хранящиеся в форме интервалов, он получает дополнительную информацию, которая может быть использована для более точного принятия решений относительно, необходимых уровней запасов сырья.

В работе [115] оцениваются мезоскопические имитационные модели, применяемые к задачам планирования логистики в автомобильной промышленности. С точки зрения уровня детализации, модели мезоскопического моделирования попадают между имитационными моделями дискретных событий на основе объектов и основанными на потоках непрерывных имитационных моделей. Мезоскопические модели представляют собой процессы логистического потока на агрегированном уровне через частично постоянные скорости потока вместо моделирования отдельных объектов потока. Результаты не получаются путем подсчета отдельных объектов, но используя математические формулы для вычисления результатов как непрерывных величин на каждом этапе моделирования. Это приводит к быстрому созданию и вычислению модели. Авторы ожидают, что мезоскопические имитационные модели могут помочь в принятии решений на опе-

ративном, тактическом и стратегическом уровне планирования. В статье описывается мезоскопическая имитационная модель получения товаров сборочной станции и сравнивается, результаты моделирования и времени вычисления с дискретной моделью.

В статье [116] рассмотрены риски, существующие на производственных предприятиях, а также различные внутренние и внешние факторы. В частности, оперативные производственные риски могут влиять на формирование производственного графика, поскольку они происходят внутри временного горизонта, в течение которого производственные планы могут быть изменены. Подход, представленный в этой статье, описывает систему производственного планирования, объединяющую оперативные риски. Следовательно, преобладающие риски в производственной системе должны оцениваться как можно точнее. Представленная в статье концепция обеспечивает интеграцию данных в реальном времени для оценки риска и позволяет более точно определить вероятность возникновения оперативных рисков. Другой ключевой особенностью является анализ взаимозависимостей между единичными рисками и последствий риска общего уровня в производственной системе. Основываясь на оценке риск-ориентированного подхода к планированию производства построены графики, влияющих на риски факторов.

В работе [117] рассмотрена проблема загрузки машин (MLP) которая относится к распределению оперативных заданий и инструментов для производства деталей. Поскольку неопределенность времени обработки может повлиять на оперативность и качество принятия решения, в настоящем документе предлагается формулировка MLP, основанная на ограничении мощности, для оценки оптимального решения при наличии заданного числа колебаний фактического времени обработки и расчетного времени обработки деталей.

В работе [118] рассматривается необходимость планирования расписания работы персонала для устранения недостающей связи между персоналом и производственным планированием в промышленных компаниях. Планирование расписания работы персонала оказывает существенное влияние на развитие компе-

тенций сотрудников и достижение производственных целей. Однако в производственной практике производительность работника не учитывается при планировании производства. Согласно исследованиям производительности 37% рабочего времени тратится впустую, что в основном связано с отсутствием или низким уровнем планирования и контроля. Основная причина - сложная измеримость компетенций и производительности сотрудников. В данной статье рассматривается метод, описывающий влияние сотрудников на время обработки деталей и настройки оборудования на примере деталей с резьбой. Данные о производстве статистически оценивались для прогнозирования влияния квалификации сотрудника на процесс изготовления. Эта информация используется алгоритмом планирования персонала. Таким образом, максимально возможное развитие компетенции может быть достигнуто в соответствии с потребностями производства.

Таким образом, современные исследования рассматривают возможность адаптации существующих алгоритмов планирования для решения специфических отраслевых задач, а также планирование работ, которые ранее считались незначительными в производственном цикле. Вместе с тем проведенный анализ существующих работ показывает, что вопросы планирования позаказного производства в условиях изменения документации на изделие в ходе его изготовления практически не рассматриваются несмотря на существование таких процессов в реально существующих разработках.

1.4 Практика применения автоматизированных систем на приборостроительных предприятиях РФ

Обзор существующей ситуации в разрезе применения комплексных информационных систем на отечественных предприятиях показал, что единства и комплексности решений нет. Предприятия ведут частные разработки, которые решают конкретные задачи, но не задаются целью найти комплексное решение. В данном разделе рассмотрены информационные системы следующих предприятий: АО «НПЦ «Полюс» г. Томск, АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева г. Железногорск, АО «Муромский завод ра-

диоизмерительных приборов» и АО «НИИ измерительных приборов - Новосибирский завод имени Коминтерна», АО «НПП «Радиосвязь».

1.4.1 Автоматизированная система АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М. Ф. Решетнева

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» – ведущее предприятие России по созданию космических аппаратов связи, телевидения, ретрансляции, навигации и геодезии. С помощью спутников, созданных в АО «ИСС», обеспечивается широкий спектр услуг.

Одной из особенностей предприятий ракетно-космической отрасли является позаказный тип производства. Многие проекты являются разовыми и требуют индивидуального подхода к планированию. Длительный цикл создания изделий и высокая стоимость определяют необходимость повышения точности планирования проектов в условиях ограниченных ресурсов, а также ведение повсеместного контроля над ходом выполнения запланированных работ. Для решения данной задачи на предприятии используется система управления проектами собственной разработки [119].

Также на АО ИСС используются системы собственной разработки для решения следующих задач таблица 1.4.

Таблица 1.4 – Системы собственной разработки АО ИСС

Наименование системы	Решаемые функции
Управление проектами	• Учет договоров с заказчиками • Рабочие планы
Бюджетирование и экономическое планирование	• Бюджетирование • Экономическое планирование • Калькулирование плановой себестоимости • План закупок, процедура закупки
Финансы и контроллинг	• Управление финансами • Учет денежных средств на предприятии • Регистрация и учет документов по покупкам и реализации • Контроллинг
Бухгалтерский и налоговый учет	• Бухгалтерский учет • Финансово-расчетные операции

Наименование системы	Решаемые функции
	• Расчеты с дебиторами и кредиторами • Учет основных средств и нематериальных активов • Налоговый учет • Главная книга, баланс, сводная бухгалтерская отчетность
Управление персоналом	• Управление кадрами • Управление кадровым резервом
Заработная плата	• Табельный учет рабочего времени • Интеграция с системами контроля доступа и безопасности • Учет фонда оплаты труда • Заработная плата
Автоматизированная система планирования и контроля	• Учет и обработка конструкторской документации • Производственное нормирование • Управление составом изделий и планирование потребностей • Незавершенное производство • Технологическая подготовка производства • Планирование материалов и управление запасами • Движение товаро-материальных ценностей и складской учет • Комплектация ДСЕ/изделий • Учет и движение бракованной продукции • Учет и контроль затрат в производство • Учет и контроль продукции, изготавливаемой по договорам сторонними организациями • Расчеты с заказчиком (приемо-сдаточные акты) • Учет движения драгметаллов в ТМЦ и ДСЕ • АСУ цехового уровня

В качестве основного программного обеспечения системы автоматизированного проектирования космических аппаратов используется система CATIA V5 [120-122] производства Dassault Systemes. Согласование принимаемых конструктивно-компоновочных решений с заказчиком и соисполнителем работ выполняется в форматах CATIA V5, CATIA V4 или в формате STEP. В таблице 1.5 приведен перечень программного обеспечения, используемого для решения задач рабочего проектирования.

Таблица 1.5 – Программное обеспечение, используемое для решения задач рабочего проектирования на АО ИСС

Наименование системы	Решаемые задачи
Dassault Systemes CATIA V5	3D моделирование деталей и сборок, проектирование кабелей, анализ динамики и прочности, оформление КД
Altium Designer Protel	Проектирование печатных плат и блоков РЭА
CIM-TEAM GmbH E3.Series	Электрическое проектирование КА
See Electrical Harness	Электрическое проектирование кабелей
Consistent Software ElectriCS	Проектирование кабелей
Autodesk AutoCAD LT	Оформление КД
MSC.Nastran	Анализ динамики и прочности конструкций
MSC.Patran	
MSC.ADAMS	
ANSYS	
TERMICA	Тепловые расчеты КА
MATHWORKS MATLAB	Научно-технические расчеты и обработка данных

Для решения задач технологической подготовки производства также применяются покупные программные комплексы таблица 1.6.

Таблица 1.6 – Программное обеспечение, используемое для решения задач технологической подготовки производства на АО ИСС

Наименование системы	Решаемые задачи
Dassault Systemes CATIA V5	3D моделирование деталей и сборок, ЧПУ (осевая), ЧПУ (3-х, 5-ти осевая токарная и фрезерная обработка)
ТехноПро	Разработка и оформление технологических процессов
IMSpot Professional	Генератор постпроцессов
IMSVerify	Симуляция и верификация программ ЧПУ

1.4.2 Автоматизированная система управления инженерными данными и производством АО НПЦ «Полус», г. Томск.

Акционерное общество «Научно-производственный центр «Полус» специализируется на производстве блоков управления напряжением, энергопреобразующих комплексов, электроприводов, приборов измерения угловых скоростей систем ориентации КА.

В лаборатории САПР НПЦ «Полюс» разработана концепция построения системы управления инженерными данными. Она была реализована на платформе 1С: Предприятие 8.0 и получила название АСУ ИДиП - Автоматизированная система управления инженерными данными и производством [123-126]. Особое внимание уделено построению в автоматическом режиме электронного состава изделия по трем документам: перечню элементов, спецификации, ведомости покупных изделий. Эти документы выбраны по ряду причин. Во-первых, они имеют свои шаблоны, от которых не отступают. Во-вторых, в процессе производства в них вносятся много изменений различного плана, рождаются новые версии документа. АСУ ИДиП содержит в себе шаблоны документов и с помощью несложного понятного интерфейса позволяет создавать новые документы, а при наличии следующих версий (с поправками) хранит абсолютно все предыдущие версии документа. То есть, любому пользователю этой системы в любой момент времени доступны как файл-оригинал, так и все предыдущие версии.

1.4.3 Автоматизированная система управления АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов».

АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов» входит в состав АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» и является головным предприятием по выпуску наземных радиолокаторов обнаружения низколетящих целей.

На предприятии в качестве системы конструкторско-технологической подготовки производства используется комплекс программ Лощман: PLM. Для управления производственными процессами используется система автоматизированного управления производством Гольфстрим [90]. Для автоматизации бухгалтерского учета, расчета заработной платы и материального учета на центральных складах применяется 1С: Комплексная автоматизация.

1.4.4 Автоматизированная система управления АО «НИИ измерительных приборов-Новосибирский завод имени Коминтерна».

АО «НИИ измерительных приборов-Новосибирский завод имени Коминтерна» (НИИИП-НЗиК) входит в состав АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» и является предприятием, выпускающим радиолокационные станции обнаружения для зенитно-ракетного комплекса С300, С400, С500.

На предприятии в качестве системы конструкторско-технологической подготовки производства внедряется комплекс программ Лощман: PLM. Для управления производственными процессами используется система автоматизированного управления производством Галактика, охватывающая этапы планирования в сборочных цехах и использующая в качестве данных для укрупненного планирования экспертные данные длительности выполнения производственных операций.

1.4.5 Существующая автоматизированная система управления АО «НПП «Радиосвязь»

Одним из ведущих российских предприятий по разработке и серийному изготовлению наземных станций спутниковой и тропосферной связи, а также навигационных систем и комплексов является акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радиосвязь». Предприятие обеспечивает разработку и серийное изготовление базовых станций спутниковой связи для систем министерства обороны ЕССС-2 с учетом возможности широкого использования гражданских и коммерческих каналов связи [127, 128]. Все перечисленные факторы накладывают определенные требования к оперативному планированию производства такого предприятия, которые подчас не достаточно проработаны и реализованы в существующих системах.

Собственными силами специалистов предприятия были созданы информационная база, позволившая реализовать следующие системы:

- оперативно-календарного планирования;

- расчета заработной платы;
- учета позиций собственного изготовления в центральном комплектующем цехе;
- учета покупных комплектующих изделий (ПКИ), инструмента и материалов на центральных складах и в цеховых кладовых;
- учет незавершенного производства;
- формирование потребности ПКИ и материалов по заказам производства.

Кроме разработки перечисленных систем, также было решено большое количество прикладных задач. В качестве программно-аппаратной платформы для разработки комплекса средств автоматизации хозяйственной деятельности предприятия была выбрана 3-х уровневая архитектура на основе web-технологий [129-131].

Единое информационное пространство (ЕИП) АО «НПП «Радиосвязь» представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которых действуют единые правила хранения, обновления, поиска и передачи информации. Такая информационная среда позволяет осуществить безбумажное взаимодействие между всеми участниками процесса подготовки производства изделия. При этом однажды созданная информация хранится в ЕИП, не дублируется и не требует каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность. На сегодняшний день в рамках ЕИП на предприятии внедрено и успешно развивается комплексное решение АСКОН на базе систем Лоцман: PLM, Вертикаль, Компас 3D. Таким образом, информационная инфраструктура предприятия имеет вид, представленный на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Информационная инфраструктура АО «НПП «Радиосвязь»

Для обеспечения эффективного управления опытным производством был реализован ряд специфических решений в подсистемах, обеспечивающих управление предприятием (общая схема информационной системы управления предприятием приведена на рисунке 1.2) [132].



Рисунок 1.2 – Схема информационной системы управления предприятием

Основой для работы всех систем функционирующих на предприятии является информационная база, схема которой приведена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Схема информационной базы предприятия

В информационную базу АСУП конструкторская документация (КД) попадает следующим образом. При первом применении сборочной единицы записывается ее состав, а в дальнейшем по данной ДСЕ в информационную базу записывается только изменение состава по сериям запуска в производство. Такой принцип организации хранения конструкторской документации позволяет получить состав производимых на предприятии изделий за любой период времени, что является необходимым для проведения гарантийного и пост гарантийного ремонта изделий произведенных на предприятии.

Технологическая документация содержит всю необходимую информацию о технологическом процессе производства каждой детали и сборочной единицы (ДСЕ) с указанием количества используемых материалов и трудовых нормативов.

Ограничительные перечни материалов, ПКИ, инструмента и крепежа, а также справочники для позаказного определения затрат производства и расчета календарно-плановых нормативов.

Оперативные данные о наличии материалов, ПКИ, инструмента и крепежа на складах готовой продукции, центральных комплекточных складах и остатках незавершенного производства.

Кроме основных массивов информации для предоставления данных пользователям и автоматизированным системам используются производные базы данных.

Одним из основных компонентов информационной системы предприятия является оперативное планирование производства (ОПП) к функциям которой относятся:

- выдача номенклатурных планов цехам основного производства в соответствии с графиком товарного выпуска;
- отслеживание выполнения плана на основании данных рапортов от цехов основного производства и центрального комплекточного цеха (ЦКЦ);
- обсчет незавершенного производства;

Система ОПП функционирует следующим образом. При запуске в производство изделия начальник конструкторского отдела на основании заключенного контракта и приказа по предприятию, открывающего конкретный заказ отнесения затрат формирует задание на ведомость применяемости (ВПР) в которой может быть прописано отклонение от КД необходимое для исполнения данного контракта (дополнительный ЗИП, или упрощенная версия изделия). После получения задания на ВПР отделом АСУП и обработки всех необходимых конструкторских извещений, указанных в задании на ВПР производится разузлование КД (автоматическое раскрытие всего списка сборочных единиц и формирование полного списка деталей на указанный заказ, в процессе разузлования суммируются повторяющиеся покупные изделия, детали и сборочные единицы) с фиксацией состава изделия в рамках данного производственного заказа.

После разузлования КД производится расчет сроков сдачи ДСЕ, данный расчет ведется на основании данных технологической документации с учетом технологических маршрутов, технологического времени изготовления и уровня вхождения ДСЕ, а также сроков сдачи заказа. Данное планирование происходит

на уровне производственных цехов. В последующем данная допланировка помещается в оперативную картотеку, в которой хранится информация о ДСЕ по всем заказам, находящимся в производстве. Коррекция данного массива осуществляется допланировками, проведенными нарядами на выполненные работы и отгрузкой готовой продукции. Для доведения планов до цехов предприятия делается срез оперативной картотеки с периодичностью определяемой производственным отделом. На текущий момент данные планы формируются с периодичностью один раз в квартал. В производственном плане, в зависимости от сроков сдачи, установленных в оперативной картотеке, изготавливаемые ДСЕ по количествам разносятся на 4 срока. На текущий момент в качестве сроков используются месяцы квартала и в четвертый срок помещается ДСЕ, которые будут необходимы в последующих периодах.

Исходя из указанного выше разработанные на предприятии собственные системы учета движения товаро-материальных ценностей, управления закупками и оперативного планирования производства предназначены для решения специфических задач автоматизации производственного планирования и управления и совместно применяются с комплексом АСКОН, образуя информационную среду предприятия (рисунок 1.1).

Автоматизация управления инженерной информацией не является комплексной, если автоматизируемая система создается в рамках инженерных служб подготовки производства. Значительный эффект от автоматизации проявляется, когда комплекс взаимодействующих информационных систем используется интегрировано для управления предприятием в целом. Для этого система управления инженерной информацией должна существовать в одном информационном пространстве с ERP-системой. Но для реализации ЕИП следует объединить PLM с ERP, так как последняя система создает и потребляет значительную часть информации о выпускаемой продукции.

Системы PLM и ERP предназначены для решения различных задач: PLM сфокусированы на создании информации об изделии и процессах его изготовления, а ERP – на планировании производства, снабжения, ведении складского

учета, учета издержек и т. д. При этом PLM-системы предназначены для работы с неструктурированными данными (эскизами, чертежами, моделями) и оптимизированы для обслуживания контекстно-зависимой информации, а ERP-системы работают со структурированными данными и оптимизированы для управления транзакциями. Системы PLM не имеют данных о мощностях предприятия, загрузке ресурсов, доступных запасах материалов, финансовых возможностях предприятия, определяющих процессы подготовки производства и сбыта продукции. То есть, конструктора проектируют без учета каких-либо ограничений производства, вследствие чего, возрастает объем работ для технолога по подготовке производства. С другой стороны, ERP-система не может снизить себестоимость изделия ниже той, что «заложена» в изделие техническими специалистами в ходе его проектирования, когда конструктором и технологом были определены материалы, оснастка и маршрут изготовления изделия.

Стратегическая цель интеграции систем PLM и ERP состоит в снижении затрат и себестоимости продукции, сокращении сроков выпуска изделий, повышении конкурентоспособности предприятия. Использование интегрированного PLM+ERP-решения обеспечивает своевременное, взаимосвязанное и достоверное функционирование процессов проектирования и производства, что позволяет повысить эффективность процесса управления и получить экономический эффект от сокращения сроков проектирования и подготовки производства. Основной причиной трудности внедрения концепции единого информационного пространства как комплексно взаимодействующих систем класса PLM и ERP на приборостроительных предприятиях является применение одних методов и инструментов для автоматизации финансовых и учетно-хозяйственных процессов и других – для решения задач автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. В результате информация в ERP-системе становится неактуальной, пользователи плохо понимают логику работы системы и испытывают затруднения в анализе получаемых данных. При этом не в полной мере обеспечивается интегрированное решение задач технической подготовки и оперативного управления производством, что предопределяет существование значи-

тельного функционального и информационного разрыва между системами автоматизации.

Учитывая изложенные факторы, интегрированная система управления предприятием АО «НПП «Радиосвязь» [133] изначально строилась как комплекс взаимодействующих систем автоматизации одного производителя (АСКОН) и собственных информационных систем, которые подверглись совместной доработке для организации единого информационного пространства предприятия. Анализ результатов внедрения автоматизированных систем на предприятиях машиностроения и приборостроения позволил разработать базовые технологии формирования структуры интегрированной информационной системы предприятия на основе PLM-концепции для решения задачи комплексной автоматизации и создания ЕИП для эффективной конструкторско-технологической подготовки и оперативного управления дискретным производством. Для внедрения системы комплексной автоматизации были использованы следующие базовые технологии [49, 50]:

- реинжиниринг текущих конструкторских, технологических, производственных и иных процессов;
- представление данных изделия в виде единой информационной модели;
- управление данными электронного состава сложного изделия, включая хранение данных и документов, конфигурацию и классификацию изделий, методы интеграции *PLM* и *ERP*-систем.

Для реализации технологии реинжиниринга применялась следующая последовательность действий [49, 50]:

- исследование бизнес-процессов предприятия, обоснование предлагаемой структуры автоматизированной системы используя концепцию PLM;
- обоснование выбора платформы управления процессами подготовки и планирования производства;
- разработка функциональной модели комплексной информационной системы, учитывая взаимодействие ERP- и PLM-систем.

Использованный при создании интегрированной системы автоматизации управления предприятием подход позволил подойти именно к комплексной автоматизации проектных, технологических, производственных и финансово-учетных процессов. Такой метод создания комплексной автоматизированной системы, как совокупности взаимодействующих информационных систем, позволяет предусмотреть дальнейшие механизмы расширения, «бесшовной» интеграции новых систем автоматизации в единое информационное пространство предприятия. Стоит отметить, что процесс развития комплексной автоматизированной системы является постоянным, итеративным, что также поддерживается примененной методикой разработки и внедрения. Спроектированная и внедренная, таким образом, автоматизированная система закладывает необходимую информационную поддержку дальнейшего развития деятельности предприятия, не препятствуя, а способствуя данному процессу.

1.5 Анализ используемых программных комплексов

Существует большое количество программно-технических средств и концепций автоматизации производства, которые с разной степенью эффективности применяются на различных предприятиях.

Следует отметить, что применение типовых систем, решающих задачи управления производством, таких как «Гольфстрим», «Парус модуль Планирование и учет в дискретном производстве» и «1С: Управление производственным предприятием», в условиях малой серии, позаказном и опытном производстве, характерном для приборостроительных предприятий, не обеспечивает всех необходимых функций организации и планирования производства.

Так, для системы «Гольфстрим», построенной на базе концепции MRP II с элементами APS (усовершенствованное производственное планирование), только планируется дополнение модулем MES [4].

Система «Парус: Планирование и учет в дискретном производстве» [95] разработанная на базе концепции MRP II имеет жестко прописанные и реализо-

ванные модели бизнес процессов обеспечивающие: планирование, учет на складе готовой продукции, в цеховых кладовых и на различных этапах изготовления заказов. Данная система была разработана с учетом специфики работы предприятий авиационной промышленности и других предприятий, работающих в серийных условиях с ограниченной коррекцией конструкторской и технологической документации в рамках производственного плана. Применение данной системы на предприятии, работающем в условиях опытного производства и малой серии, приведет к большому числу дополнительных ручных операций у работников производственного отдела, связанных с коррекцией планов, маршрутных листов и комплектovacных ведомостей по всем корректируемым заказам, что исходя из объемов, является практически невозможным в радиоэлектронном производстве. Это обусловлено большой номенклатурой применяемых материалов, ПКИ, инструмента и ДСЕ и требует автоматизации коррекции на основании документов корректирующих состав изделий. Такие механизмы в системе «Парус: Планирование и учет в дискретном производстве» отсутствуют.

Система «1С: Управление производственным предприятием» относится к классу ERP и обеспечивает только укрупненное планирование без функции диспетчеризации производства. В свою очередь Гольфстрим, как и Лоцман: PLM, Вертикаль, Компас 3D, направлена в первую очередь на комплексное решение задач автоматизации машиностроения, и лишь отчасти – на приборостроительную отрасль. Как следствие, для подобных систем требуется большой объем доработок, что соизмеримо с разработкой собственных информационных средств поддержки планирования и управления производством.

Практика применения автоматизированных систем и анализ рынка показал, что создаваемые крупными корпорациями программные продукты не обеспечивают в полной мере всех необходимых функций для предприятий с позаказным производством, имеют высокую первоначальную стоимость и стоимость владения.

1.6 Выводы по главе 1

1. В результате анализа существующих систем комплексной автоматизации промышленности было выявлено, что системы, предложенные на рынке, в полной мере не соответствуют потребностям позаказного радиоэлектронного производства работающего в условиях малой серии и опытного производства в связи с тем, что в рассмотренных системах отсутствуют механизмы оперативной коррекции состава изделия находящегося в производстве.

2. Рассмотрены концепции автоматизации промышленных предприятий. Системы, существующие и используемые на ряде аналогичных предприятий, в полной мере не решают задачи, связанные с информационной поддержкой мелкосерийного и позаказного радиоэлектронного производства.

Глава 2. Информационная модель позаказного производства с учетом изменения производственных планов

В главе рассмотрены вопросы повышения эффективности принятия управленческих решений, за счет автоматизации планирования и контроля изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц, при позаказном производстве и постоянно изменяющихся производственных планах в радиоэлектронном производстве.

2.1 Этапы создания АСУП и концепция CALS

Создание автоматизированной системы управления предприятием является комплексной инженерной задачей. При этом полностью новая система может быть построена только при организации нового производства. Во всех других случаях происходит модификация существующей АСУП. Также представленные на рынке информационные системы без адаптации не могут быть использованы на сложных производствах и требуют работ по их интеграции с существующими и перспективными специализированными информационными системами.

Для построения комплексной автоматизированной системы необходимо организовать ввод первичной информации в электронном виде. Это означает, что конструкторско-технологическая подготовка производства и учет хозяйственной деятельности должны осуществляться с использованием программных средств.

Развитие АСУП может осуществляться как последовательно, так и параллельно с первоначальной автоматизацией наиболее трудоемких процессов обработки информации и предоставления отчетности [1]. Одним из вариантов внедрения АСУП является последовательное освоение информационных технологий (Рисунок 2.1).

На первом этапе внедряются системы бухгалтерского и финансового учета, складского учета и управление закупками, что позволяет автоматизировать хо-

зайственный учет и предоставлять необходимые отчеты в налоговую инспекцию, пенсионный фонд и фонд социального страхования.

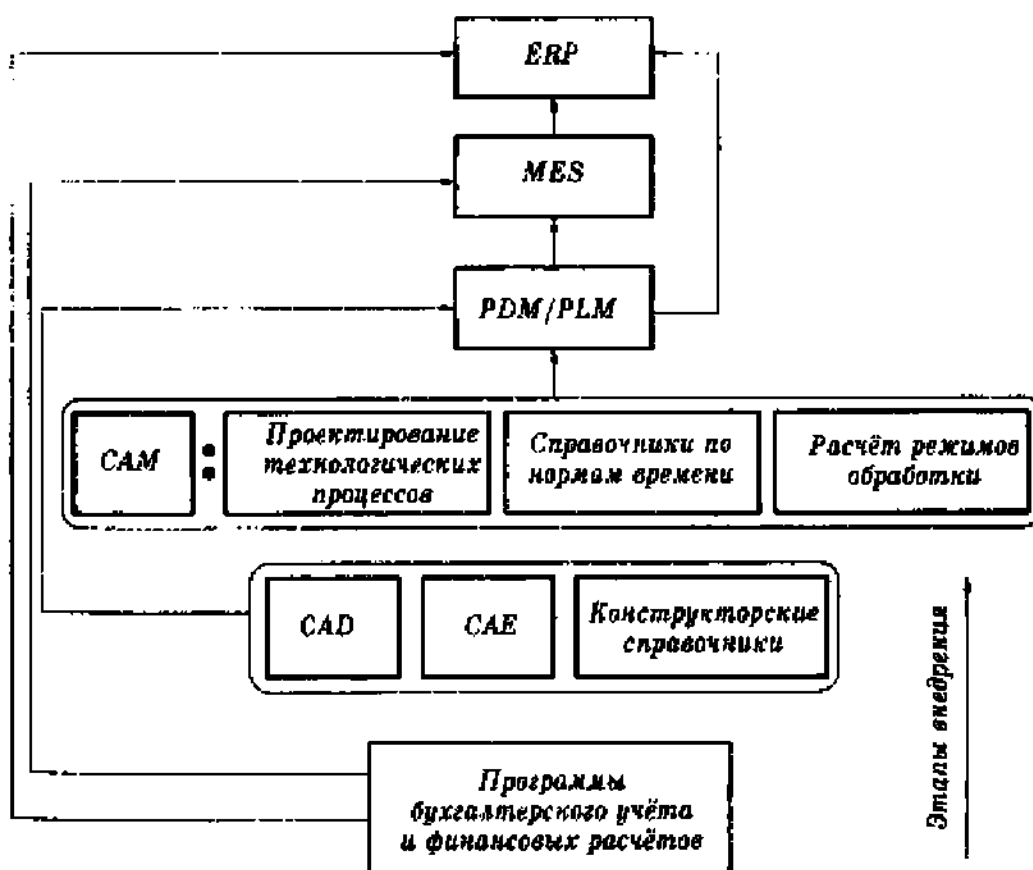


Рисунок 2.1 – Этапы внедрения информационных технологий в АСУП

На втором этапе внедряются системы автоматизированного проектирования CAD и автоматизации инженерных расчётов CAE в разрабатывающих и конструкторских отделах. В результате внедрения данных систем появляется возможность работы с электронными аналогами изготавливаемых изделий.

На третьем этапе внедряются системы автоматизации написания технологической документации, нормирования труда, технологической подготовки производства и разработки управляющих программ для станков - CAM. Это позволяет иметь электронный образ технологических процессов.

На четвёртом этапе внедряются системы классов PDM/PLM [121], это создаёт основу единого информационного пространства сопровождения изделия на этапах конструкторско-технологической подготовки производства.

Внедрение систем класса MES на пятом этапе уменьшить издержки предприятия за счёт оптимизации порядка выполнения заказов.

Только после выполнения всех указанных ранее этапов появляется возможность создания комплексной АСУП за счет внедрения ERP системы.

Автоматизированная система управления предприятием также может развиваться на основе анализа жизненного цикла продукции согласно концепции CALS. По определению, приведённому в ГОСТ Р 53791-2010 [127], ЖЦП - это совокупность взаимосвязанных процессов изменения состояния продукции при ее создании, использовании (эксплуатации) и ликвидации (с избавлением от отходов путем их утилизации и/или удаления). В соответствии со стандартами ISO серии 9000 ЖЦП содержит 11 этапов [1]:

1. Маркетинг, анализ состояния рынков, поиски рынков, выработка рекомендаций по выпуску продукции.
2. Разработка технических требований, проектирование изделий.
3. Разработка технологических процессов, технологическая подготовка производства.
4. Материально-техническое обеспечение производства.
5. Изготовление продукции.
6. Проведение контрольных, приемо-сдаточных и иных испытаний.
7. Упаковка, маркировка и хранение произведённой продукции.
8. Транспортирование и реализация продукции.
9. Монтаж и эксплуатация.
10. Техническая помощь и ремонт в процессе обслуживания
11. Утилизация после окончания срока использования или эксплуатации.

Это общая картина ЖЦП, которая может отличаться в зависимости от особенностей предприятия и типа производства.

Совокупность различных подразделений предприятия, оснащённых необходимыми техническими и программными средствами, могут образовывать функциональные подсистемы, в качестве примера можно привести, систему кон-

структурско-технологического обеспечения (СКТО), систему обеспечения качества (СОК), систему планирования производства (СПП) и др.

При создании АСУП необходимо рассматривать только этапы, выполняемые структурными подразделениями предприятия (рисунок 2.2) [1].

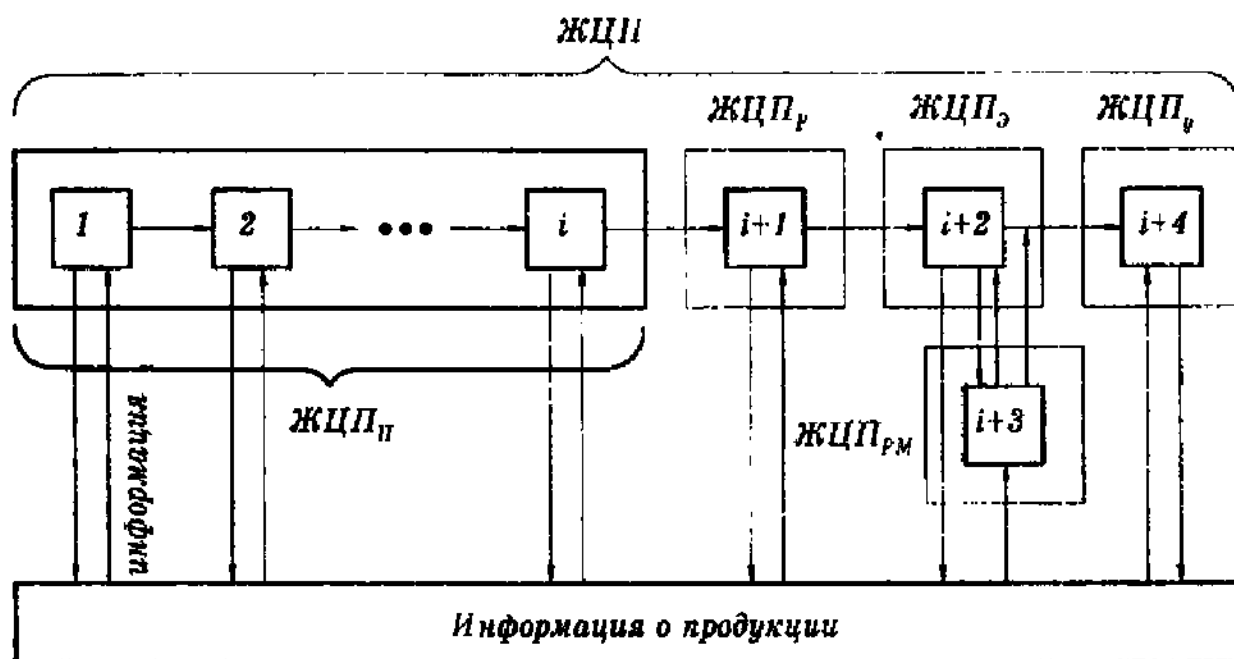


Рисунок 2.2 – Жизненный цикл продукции на предприятии

Весь ЖЦП можно представить в виде нескольких этапов:

- ЖЦП_П — ЖЦП на этапе производства продукции (этап предприятия);
- ЖЦП_Р - ЖЦП на этапе реализации продукции (этап дистрибуции и реализации продукции);
- ЖЦП_Э - ЖЦП на этапе эксплуатации ;
- ЖЦП_{РМ} - ЖЦП на этапе ремонта продукции (этап гарантийного и послегарантийного ремонта продукции);
- ЖЦП_У - ЖЦП на этапе утилизации продукции (этап утилизации).

За каждый из этапов ЖЦП отвечают разные участники ЖЦП, такие как: производители, предприятия торговли, потребители, ремонтные предприятия и предприятия, отвечающие за утилизацию продукции.

В настоящее время концепция CALS в большинстве случаев [134-136] отражает только вопросы интеграции информации о продукции на протяжении всего ЖЦП, т.е. под управлением понимается только информационная составляющая ЖЦП (классификация и состав информации на этапах ЖЦП, интеграция, отображение и управление информацией на всех этапах ЖЦП). Подобная трактовка понятия ЖЦП затрагивает только часть задач автоматизации производства, в том числе, с помощью использования механизмов CALS- технологий, суть которой должна сводиться не только к интеграции информации о продукции на этапах ЖЦП, а к сокращению ЖЦП на этапе производства - ЖЦП_П.

Следует отметить, что практически все этапы ЖЦП сокращаются от года к году. Этап эксплуатации уменьшается за счёт появления на рынке новых моделей и укоренившегося в последнее время понятия морального устаревания продукта. Указанные факторы сокращают длительность этапа ЖЦП_Э.

Сокращение длительности ремонта ЖЦП_{РМ} достигается за счет модульного принципа конструкции большинства изделий, расширения сети сервисных служб и оснащения их современной техникой для диагностики и устранения неисправностей.

Сокращение большинства этапов ЖЦП вынуждает производителей быстрее выводить на рынок новые товары. При этом этап утилизации (ЖЦП_У) не оказывает существенного влияния на производство. Динамика товарно-денежных отношений увеличивается, и преимущество в конкурентной борьбе появляется у тех предприятий, которые могут сократить сроки выпуска продукции на рынок.

Эффективным средством сокращения сроков производственного цикла является планирование с использованием автоматизированных систем управления класса MES [137]. Этап ЖЦП_П состоит не только из заготовительных операций, механической обработки и сборки продукции в связи с тем, что данным операциям предшествуют этапы интеллектуального характера. Если не учитывать этап маркетинга, этап ЖЦП_П укрупнено включает в себя следующие основные этапы (рисунок 2.3, а):

- этап конструкторской разработки изделия - ЖЦП_К,

- этап разработки технологического процесса - ЖЦП_Т,
- этап технологической подготовки производства - ЖЦП_{ТПП},
- этап изготовления продукции - ЖЦП_И.

Таким образом, для сокращения общей длительности ЖЦП_П требуется упорядочивать и планировать не только изготовление, но также все предшествующие ему этапы. При этом между этапами возникает сложная взаимосвязь во времени, обусловленная порядком выполнения всего комплекса работ и принятыми на предприятии особенностями организации производства [1]. Могут встречаться как последовательные варианты этапов (рисунок 2.3, а), так и частично параллельные с перекрытием во времени (рисунок 2.3, б).

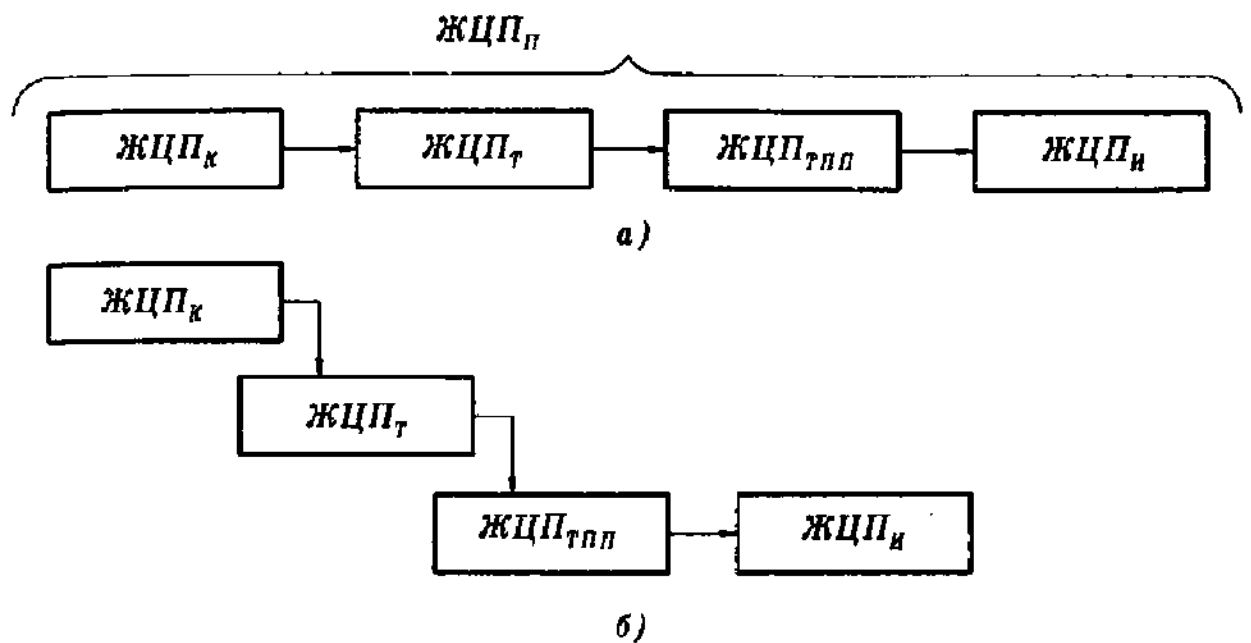


Рисунок 2.3 – Варианты выполнения этапов ЖЦП_П во времени

Возможность распараллеливания этапов возникает, если после утверждения сборочного чертежа изделия, конструктор разрабатывает чертежи отдельных ДСЕ которые, после разработки, он может передать технологу. Технолог, в свою очередь, не дожидаясь полного окончания детализовки изделия, может приступить к разработке технологического процесса. Данная возможность появляется при использовании систем класса PDM/PLM, благодаря возможности отслеживать готовность тех или иных документов.

2.2 Информационное взаимодействие этапов жизненного цикла продукции

В зависимости от степени конструкторско-технологической проработки заказы имеют разные точки входа на временной оси ЖЦП_П (рисунок 2.4). При этом выполнение ряда заказов начинается с разработки конструкции изделия. Встречаются случаи, когда имеется конструкция изделия, но не разработана технология изготовления. В некоторых случаях заказы обеспечены конструкторской и технологической документацией. Для таких заказов требуется осуществить этап ТПП и последующее изготовление [24].

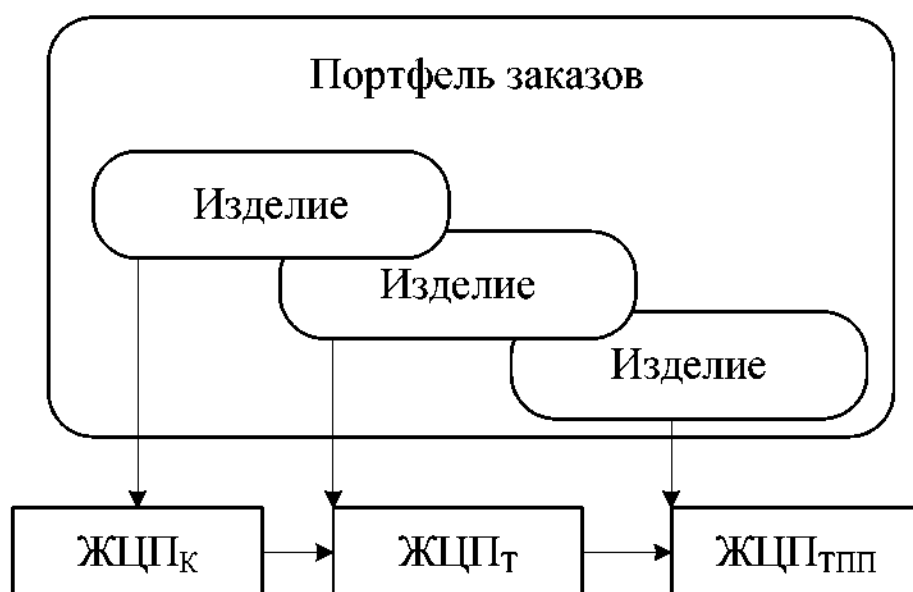


Рисунок 2.4 – Точки входа заказов в процессы жизненного цикла на предприятии

Однако для предприятий с длительным циклом изготовления продукции и большим числом ДСЕ собственного изготовления необходима возможность поэтапного запуска, в производство сборочных единиц прошедших конструкторскую и технологическую подготовку с контролем сроков выполнения подготовительных этапов (рисунок 2.5).

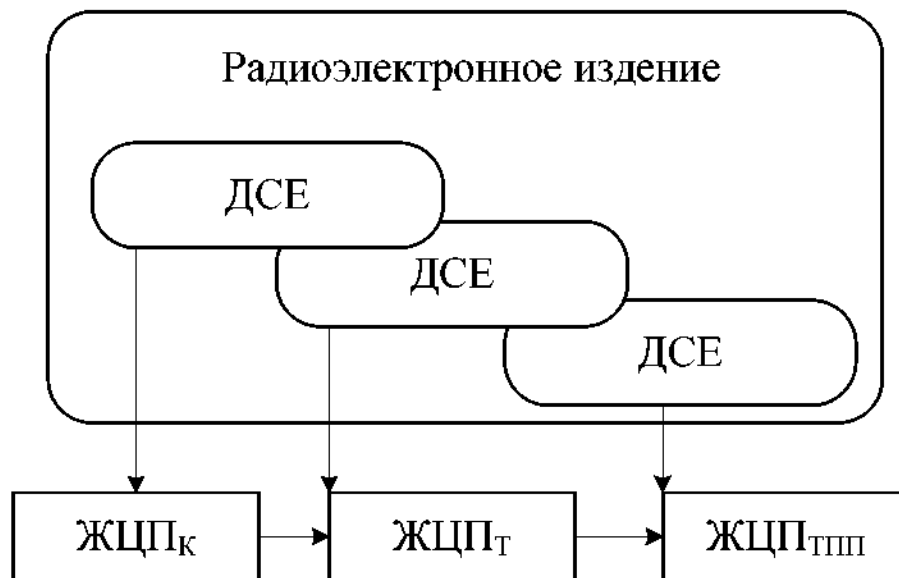


Рисунок 2.5 – Точки входа ДСЕ в процессы жизненного цикла на предприятии радиоэлектронной промышленности

Процессы проектирования конструкторской и технологической документации, представленные на рисунках 2.3 и 2.4, относятся ко всей номенклатуре выпускаемой продукции и представляют собой сложную взаимосвязь расписаний работы соответствующих подразделений предприятия (рисунок 2.6), где: $K_1 \dots K_n$, $T_1 \dots T_n$, $I_1 \dots I_n$, $P_1 \dots P_n$ - множества исполнительных устройств таких как конструктора, технологи, инженеры по технологической подготовке производства и рабочих центров соответственно [27].

Этап разработки технологических процессов может начинаться до момента полного окончания разработки и утверждения конструкторской документации. После разработки и утверждения сборочных чертежей изделий, разработка ТП на отдельные ДСЕ может начинаться по мере завершения разработки чертежей. Подобная картина может наблюдаться и для этапов ТПП и изготовления ДСЕ. С помощью данного последовательно-параллельного способа планирования работ достигается сокращение длительности ЖЦП отдельных изделий - $t_{жцп_{Pi}}$.

Длительность ЖЦП уменьшается, при сокращении разницы между началом смежных этапов ЖЦП для каждого i -то изделия, это величины времени Δt_{K-T_i} , $\Delta t_{T-ТПP_i}$ и $\Delta t_{ТПP-I_i}$. Сокращение данных величин возможно, если модель планирования включает в себя все этапы ЖЦП и все исполнительные устрой-

ва, отвечающие за выполнение работ ЖЦП_П: множества конструкторов, технологов и рабочих центров по всему технологическому маршруту. При этом диаграмма этапа ЖЦП_И будет представлена всеми производственными цехами предприятия с последующей детализацией расписания для отдельных подразделений.

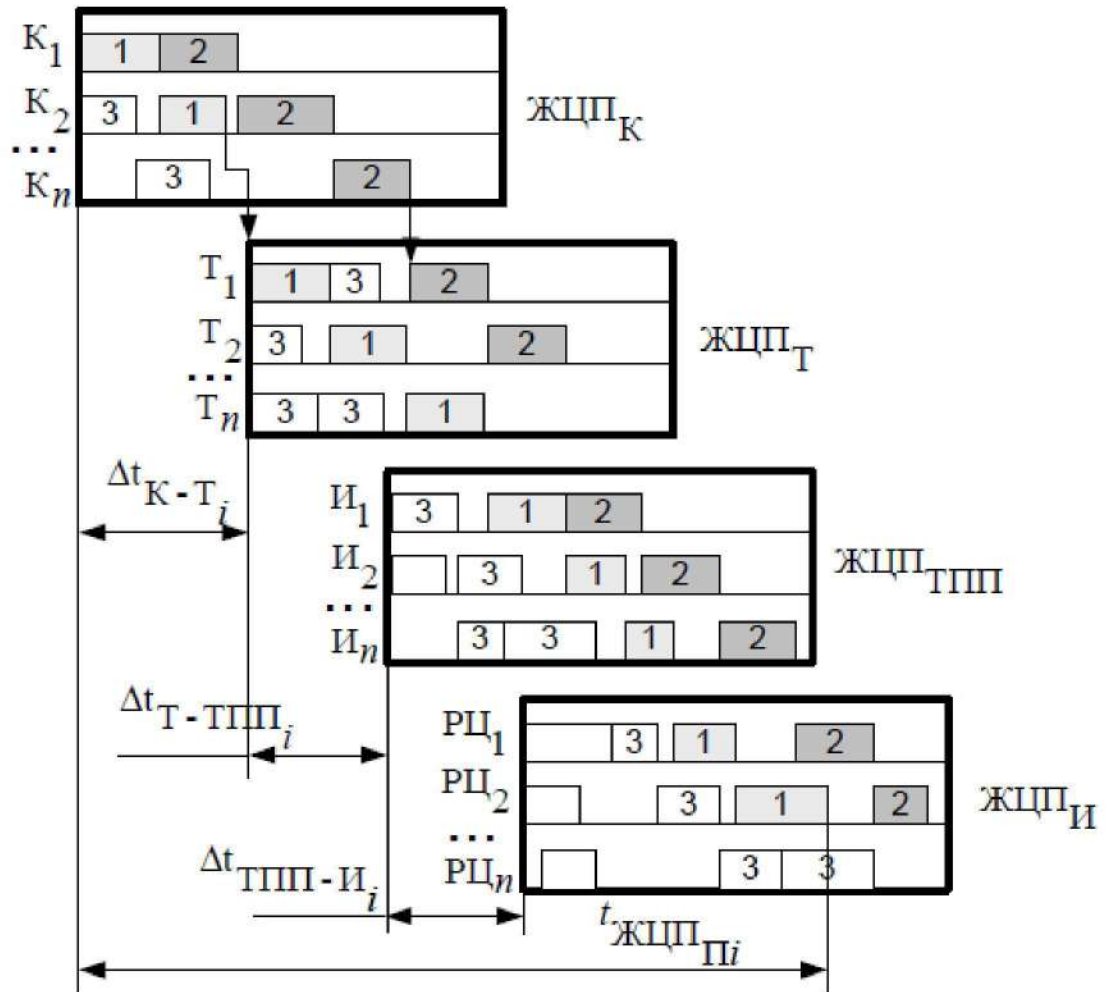


Рисунок 2.6 – Взаимосвязь расписаний работы различных этапов ЖЦП_П

Множество операций для каждой единицы продукции e_i , из общей номенклатуры $M \{m\}$, подлежащей планированию, в данном случае включает в себя операции всех этапов ЖЦП_П:

$$M_{e_{iП}} = \bigcup_{l=1}^L \left(\bigcup_{j=1}^{p_l} e_{ijl} \right),$$

где $L = \{К, Т, ТПП, РЦ\}$ – этапы ЖЦП_П, а p – количество операций того или иного этапа.

Решение задач сквозного планирования ЖЦП_П лежит в области построения межцеховых расписаний [8]. Однако каждое подразделение может иметь собственные критерии модели планирования, отличные от другого подразделения. Контроль и исполнение расписаний работы каждого из подразделений лучше всего возложить на MES-системы, которые обладают функциями диспетчирования и корректировки расписаний в режиме реального времени.

Представленная на рисунке 2.7 декомпозиция процессов отображает сложную структуру машиностроительной продукции. Проведение декомпозиции необходимо для планирования и управления этапами жизненного цикла продукции [138].

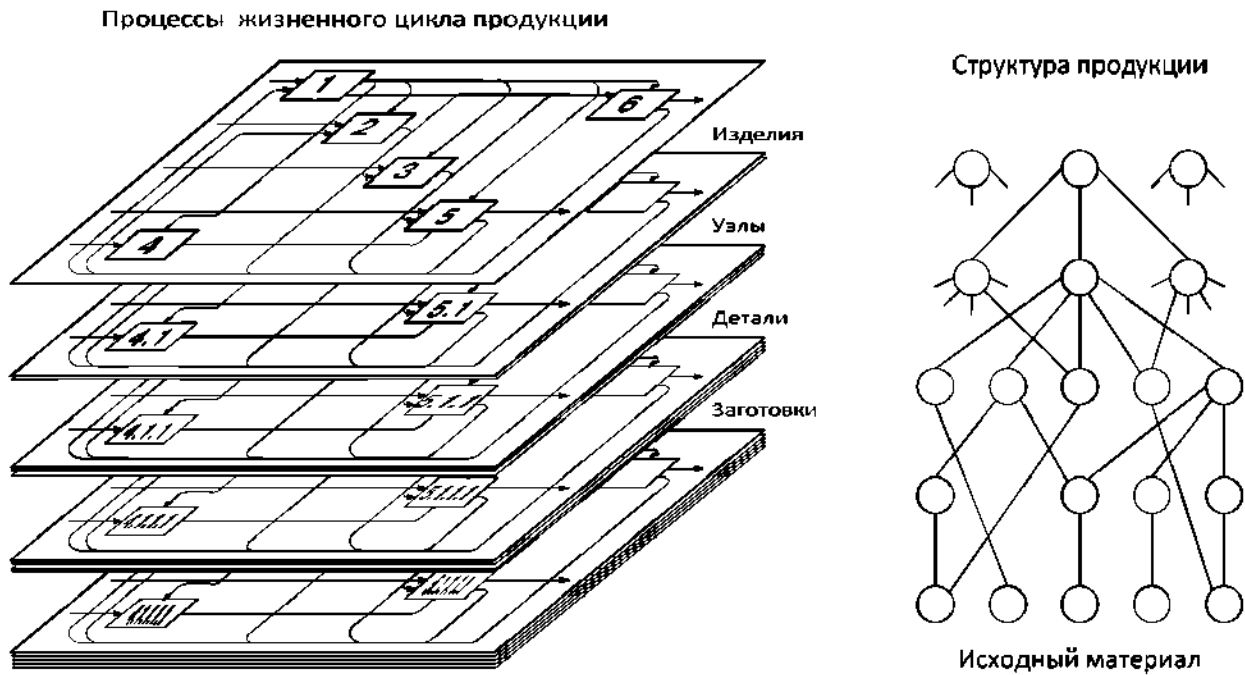


Рисунок 2.7 – Процессы жизненного цикла продукции

Необходимо отметить, что на сокращение величины времени перехода между этапами ЖЦП_П: Δt_{K-T_i} , $\Delta t_{T-ТПП_i}$ и $\Delta t_{ТПП-РЦ_i}$ влияет возможность альтернативного назначения той или иной работы на большее число взаимозаменяемых устройств (конструкторов, технологов, инженеров технологической подготовки производства, рабочих центров), которые смогут выполнить данную работу [25]. Чем выше коэффициент, альтернативности назначения работ для единицы планирования (ЕП) e_{ijk} , где i – номер ДСЕ, j – номер операции, k – номер РЦ, на

множестве операций P_i и множестве исполнительных устройств $N\{n\}$, тем плотнее получается расписание и меньше длительность этапа ЖЦП_П.

Коэффициент альтернативности k_a вычисляется по формуле:

$$k_a = \frac{\sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{P_i} e_{ijk}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{P_i} e_{ij}}$$

Таким образом, если поставить задачу управления ЖЦП как задачу планирования всех этапов ЖЦП на предприятии, можно существенно сократить длительность ЖЦП_П и как следствие быстрее поставить продукцию на реализацию.

2.3 Модель организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством

Для изготовления одного изделия требуется:

- осуществить закупку ПКИ и материалов;
- выполнить заготовительные, механообрабатывающие, механосборочные, сборочные и регулировочные операции;
- провести входной и текущий контроль материалов, ПКИ и ДСЕ, а также контроль блоков, приборов и комплексов в объеме предъявительских испытаний (ПРИ), приемо-сдаточных испытаний (ПСИ) и периодических испытаний (ПИ) в соответствии с рисунком 2.8.

Количество и порядок испытаний регламентированы ГОСТ Испытания и приемка серийных изделий [139]

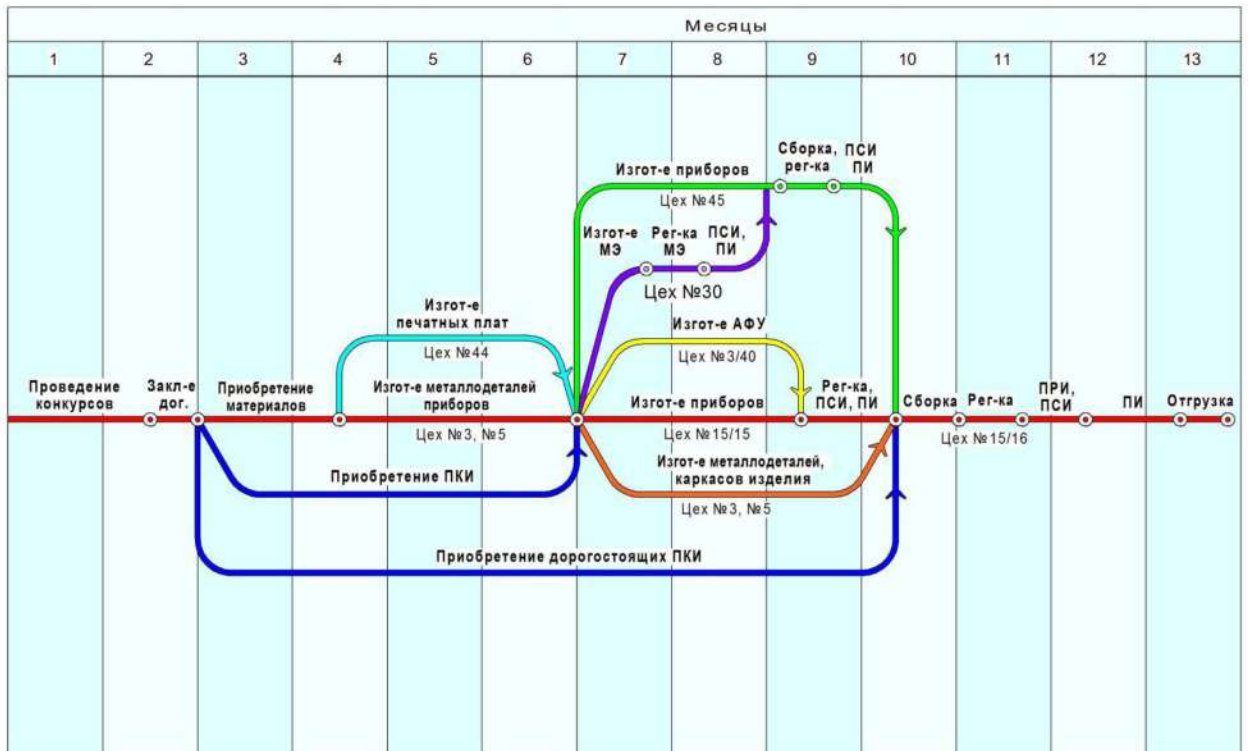


Рисунок 2.8 – Сетевой график изготовления типового комплекса связи

Для описания процесса изготовления ДСЕ используется маршрутно-операционный технологический процесс, который является частью производственного процесса, содержащего целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда [140]. К предметам труда относят заготовки и изделия. Маршрутно-операционный технологический процесс устанавливает перечень и последовательность технологических операций, тип оборудования, на котором эти операции будут выполняться; применяемая оснастка; укрупненная норма времени детализирует технологию обработки и сборки до переходов и режимов обработки.

Представим время изготовления одной ДСЕ $t_{\text{ДСЕ}}$ формулой:

$$t_{\text{ДСЕ}} = KD \cdot \sum_{i=1}^n (t_{\text{оп}i} + t_{\text{пз}i} + t_{\text{п}i}),$$

где $t_{\text{оп}}$ – технологическое время выполнения операции, $t_{\text{пз}}$ – время подготовительно-завершающей операции, $t_{\text{п}}$ – время перехода от операции к операции (зависит от типа перехода межоперационный, межбригадный, межцеховой), n – количество операций в технологическом процессе, KD – количество деталей в партии при последовательном изготовлении деталей.

Для выполнения одного заказа необходимо изготовить детали приборов, печатные платы, приборы СВЧ, блоки микроэлектроники, блоки энергоснабжения, антенно-фидерные устройства, детали каркаса изделия и провести окончательную сборку и регулировку.

Для промежуточного контроля состояния изготовления заказа осуществляется хранение составных частей в центральном комплектующем цехе. В связи с тем, что изготовление составных частей заказа может, осуществляется параллельно, была разработана модель организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством (рисунок 2.9) с отображением ключевых моментов изготовления. Здесь $N_{1,2,3}$ – количество контролируемых ответственных параллельных процессов. Обозначим через $T_{1,2,3}$ – время выполнения этапа работ по изготовлению изделия, $T_{ц}$ – время комплектования блоков изделия.

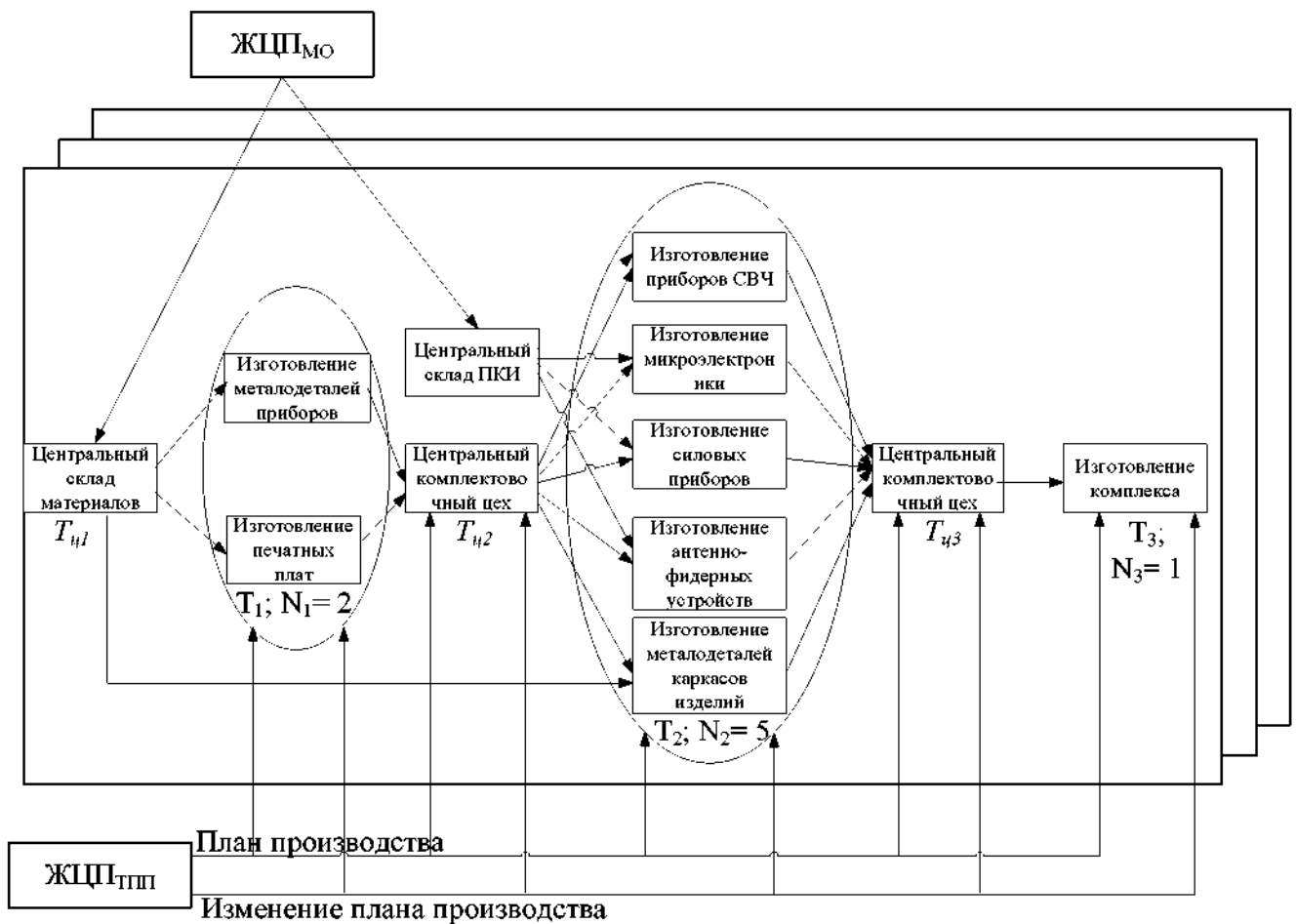


Рисунок 2.9 – Модель организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством

Время выполнения ключевых этапов изготовления изделия операций можно вычислить по следующим формулам:

$$\begin{aligned} T_1 &= \sum_{i=1}^{N_1} \max_{1 \leq j \leq K_i} t_{\text{ДСЕ}}^i, \\ T_2 &= \sum_{i=1}^{N_2} \max_{1 \leq j \leq K_i} t_{\text{ДСЕ}}^i, \\ T_3 &= \sum_{i=1}^{N_3} \max_{1 \leq j \leq K_i} t_{\text{ДСЕ}}^i, \end{aligned}$$

где K_i – количество изготавливаемых ДСЕ в отдельном процессе, $t_{\text{ДСЕ}}^i$ – время изготовления одного ДСЕ в i -ом процессе j -го этапа, $\max_{1 \leq j \leq K_i} t_{\text{ДСЕ}}^i$ – максимальное время изготовления ДСЕ в отдельном процессе.

Рассмотрим функцию:

$$F = f(T_i, i = \overline{1, N}, \sum_{i=1}^m T_{\text{цм}}, T_{I_i}) \rightarrow \min \quad (2.1)$$

где $T_i, i = \overline{1, N}$ – время изготовления ДСЕ запланированных на первом этапе по документации прошедшей технологическую подготовку производства, $\sum_{i=1}^m T_{\text{цм}}$ – время комплектования в центральных складах, T_{I_i} – время изготовления ДСЕ на основании изменения плана производства возникших в результате окончания разработки конструкторской документации, технологических процессов и технологической подготовки производства отсутствующих на этапе запуска заказа в производство.

Выражение (2.1) представляет собой критерий оптимальности задачи управления позаказным радиоэлектронным производством, который определяется как результат функционирования модели организационно-технической системы управления. Функционал (2.1) определяет затраты времени на изготовление заказа с учетом времени изготовления запланированных ДСЕ и произведенных на основании изменения плана производства.

В эти затраты включено время на изготовление ДСЕ на основных контролируемых участках, время комплектования на центральных складах материалами, ПКИ, инструментами и ДСЕ собственного изготовления, а также время на изготовление ДСЕ на основании служебных записок, внеплановых заданий и актов о браке.

Следует также учитывать систему временных ограничений, возникающих при изготовлении ДСЕ.

$$\vartheta_{ijk} \in U = \{U_1, \dots, U_q\}, \quad (2.2)$$

$$\tau_{0_{e_{ijk}}}^H \geq \tau_{0_{e_{ijk-1}}}^{KH}, k, s \in N\{1, n\}, \quad (2.3)$$

$$d \subset D = \{D_1, \dots, D_l\}. \quad (2.4)$$

Выражение (2.2) – множество операций для ЕП. Выражение (2.3) – условие предшествования по выполнению ЕП, где $\tau_{0_{e_{ijk}}}^H$ и $\tau_{0_{e_{ijk}}}^{KH}$ – момент начала и окончания выполнения операции ЕП e_{ijk} . Выражение (2.4) включает обобщенный состав дополнительных ограничений таких как ограничение по директивным срокам выпуска, оптимальным партиям запуска и т.д.

При необходимости, подобный подход для вычисления сроков изготовления этапов производства, можно применить при детализации изготовления заказа до уровня производственного участка, или конкретного рабочего места, что позволяет выявить узкие места при изготовлении изделия или изменении его конструкции или состава. Данные вычисления целесообразно реализовать в дополнительных модулях, расширяющих функциональные возможности АСУП.

2.4 Учет изменения состава изделия

Процесс разработки КД можно представить в виде спирали, где каждому витку соответствует отдельный этап проектирования, но при этом возможно создание новых документов, ранее не учитываемых при разработке комплексного технического задания. В связи с этим возникают сложности при «встраивании» новых документов в общие, изначально заданные, последовательности проектирования и производственного планирования. Кроме того, ошибки, допущенные на стадии конструкторского проектирования, приводят к ошибкам и на других стадиях, которые могут повлечь за собой брак детали, сборки, прибора или изделия [141].

Крайне важно создать и внедрить систему управления, автоматизирующую работу служб, обеспечивающих основные и вспомогательные процессы разра-

ботки КД, попутно информируя о разрабатываемой КД службы, занимающиеся технологическим и производственным сопровождением [142,143]. В настоящее время созданы и используются различные алгоритмы и методы управления производственными, технологическими и конструкторскими процессами. Однако такие алгоритмы не в полной мере решают задачи управления конструкторско-технологическими процессами. Поэтому необходимо провести анализ и исследование процессов сопровождения документооборота приборостроительного предприятия, выработать методы и рекомендации для создания автоматизированной системы управления (АСУ), учитывающие нелинейность и итеративность разработки электронной продукции, заключающуюся в появлении на различных этапах проектирования и планирования неучтенной первоначально конструкторской документации.

На предприятиях радиоэлектронной промышленности, к которым относится АО «НПП «Радиосвязь», проектирование является одним из ключевых видов деятельности, конечным результатом, которого является конструкторская документация на изделие. Изделия делятся по видам (сборочная единица, деталь, комплекс и комплект) и могут включать составные части [144]. Виды и состав КД регламентируются Государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) [145, 146]. В состав комплекта КД по ЕСКД входит электронная модель изделия (ЭМИ), используемая для получения чертежей и содержащая полный набор конструкторских, технологических и физических параметров, необходимых для выполнения расчетов, моделирования, разработки технологических процессов и т. д. Кроме ЭМИ в электронную конструкторскую документацию входит также информационная модель изделия (ИМИ), являющаяся источником данных для формирования КД. Фактически, ИМИ представляет собой файл формата системы автоматизированного проектирования (САПР) для описания требуемых свойств: электромагнитных, механических и т. п. Также ИМИ отражает состав изделия с точки зрения иерархии его составных частей, которую принято называть электронной структурой изделия (ЭСИ).

Типовой процесс формирования задания на производство радиоэлектронного изделия характеризуется наличием большого количества бумажных документов, на обработку которых уходит значительное количество времени. При этом, даже если используется система электронного документооборота, вынужденно создаются дополнительные документы, описывающие внесенные в КД изменения. Государственный стандарт регламентирует правила внесения изменений в КД [147] с помощью выпуска извещений об изменениях. Таким образом, возрастает количество бумажных документов при каждой итерации их разработки и согласования.

Зачастую для исправления ошибок или неточностей, внесения поправок или корректировки КД формируется комплект неучтенных чертежей. Для того чтобы запустить в производство деталь или сборку по неучтенному чертежу конструктору приходится тратить много времени на утверждение документа, подтверждающего изготовление этого чертежа. Этим документом является служебная записка (СЗ), включающая в себя: ходатайство от технического директора, заказ от производственного и экономического отделов (по которому будут списываться затраты), согласие технологического отдела на разработку документации, согласие отдела снабжения на закупку материалов и покупных изделий (ПКИ) и окончательное заверение в канцелярии предприятия. При этом высока вероятность ошибки или простоя на каком-либо этапе производства, трудно отследить на каком этапе производства этот чертеж. Учитывая, что все эти процессы осуществляются на бумажных носителях, переписываются несколько раз вручную – все это влечет за собой брак составляющих изделия или самого изделия и рост издержек.

Для устранения указанных проблем следует устранить на промежуточных этапах согласования твердые копии КД и СЗ, формируя рабочие варианты документов в электронном виде. Такой подход возможен только с использованием информационных средств поддержки жизненного цикла изделия, т. е. с полноценным использованием ЭМИ, ИМИ, ЭСИ и т. п. При этом возникает задача концептуального проектирования базы данных системы управления данными об

изделии (СУДИ) в рамках автоматизированной системы управления электронным документооборотом неучтенной конструкторской документации, что предполагает структуризацию данных в соответствии с принципами объектно-ориентированного подхода. В основе объектно-ориентированного анализа, проектирования и программирования лежит теория систем и теория множеств, поэтому для формализации отношений между объектами КД, ИМИ, ЭСИ, СЗ воспользуемся соответствующим математическим аппаратом и подходом, изложенным в [148].

Для формализации описания процесса документооборота конструкторской документации воспользуемся подходом, предложенным в [149, 150]. Пусть DO – множество объектов проектирования, PRJ – множество проектов, DV – множество изделий, ITM – множество элементов ЭСИ, DM – множество ИМИ, DD – множество конструкторских документов, SZ – множество служебных записок. Для запуска изделия в производство необходим набор конструкторской документации (DP), к которому относятся ЭМИ и ИМИ. Дополнительно также прикрепляется служебная записка с информацией об изменениях в КД, что может рассматриваться как неотъемлемая часть КД. Таким образом, можно определить $DP = \{DM, DD, SZ\}$.

Множество ЭСИ имеет неоднородный характер [149, 150]:

$$ITM = \{ASM, PART, CT, CX, STPT, OTPT, MAT\},$$

где ASM – множество сборочных единиц; $PART$ – множество деталей; CT – множество комплектов; CX – множество комплексов; $STPT$ – множество стандартных изделий; $OTPT$ – множество прочих изделий; MAT – множество изделий из материала.

Совокупность элементов ЭСИ образует изделие – одному элементу множества изделий соответствует несколько элементов множества ЭСИ. Таким образом, A – сюръективная функция для элементов множества ЭСИ:

$$f_A: ITM_A \rightarrow \{prod_A\}, \quad (2.5)$$

где A – конкретный элемент множества изделий; $prod_A \in PROD$; $PROD = \{prod_A, prod_B, \dots, prod_N\}$; ITM_A – множество элементов ЭСИ, $ITM_A \in ITM$; $\{itm_{iA}\}$, $itm_{iA} \in ITM_A$, $i = \{1, n\}$, n – количество элементов ЭСИ.

Объекты проектирования включают в себя изделие, элементы его информационной структуры и описывающую их информацию в виде файлов информационных моделей, конструкторских документов и служебных записок:

$$OP = \{PROD, ITM, DM, DD, SZ\}.$$

В рамках выполнения работ над одним проектом $prj1, A \in PRJ$ может создаваться несколько изделий, каждое из которых описывается файлами информационных моделей $dm1, A \in DM$, конструкторских документов $dp1, A \in DP$ и служебных записок $sz1, A \in SZ$. Для множества объектов проектирования изделия A в рамках выполнения проекта Z :

$$OP_{Z,A} = \{prj_Z, prod_{Z,A}, \{itm_{i,A}\}, \{dm_{j,A}\}, \{kd_{k,A}\}\},$$

где $prj_Z \in PRJ$ – проект Z ; $prod_{Z,A} \in PROD$ – разрабатываемое в рамках проекта Z изделие A ; $i = \{1, n\}$, n – количество элементов ЭСИ; $j = \{1, m\}$, m – количество ИМИ; $k = \{1, p\}$, p – количество конструкторских документов.

Источником информации для одного элемента ЭСИ является один или несколько объектов ИМИ, поэтому, как и в случае (2.5)

$$g_A: DM_A \rightarrow \{itm_A\}. \quad (2.6)$$

Описание состава и иерархии элементов ЭСИ представляет собой набор конструкторской документации, поэтому множество DP также является сюръективной функцией для множества ITM :

$$y_A: ITM_A \rightarrow \{dp_A\}, \quad (2.7)$$

где $\{dp_A\} \in DP$ – конструкторский документ на изделие A .

Таким образом, выражения (2.6,2.7) показывают зависимость объектов проектирования разных типов друг от друга. Исходя из определения сюръективного отношения, практическая реализация указанных выражений возможна в виде реляционных баз данных, поэтому выражения (2.6,2.7) могут служить в качестве основы при построении средств поддержки управления процессами жизненного цикла объектов проектирования при построении СУДИ в рамках автоматизированной системы управления электронным документооборотом неучтенной конструкторской документации.

2.5 Функции системы диспетчирования производства

В связи с тем, что система планирования любого хозяйствующего субъекта строится на следующих принципах [151]:

- гибкость, предусматривающая постоянную адаптацию к изменениям среды функционирования предприятия. Соблюдение данного принципа требует корректировки плана при различных изменениях внешней и внутренней среды;
- непрерывность, предполагающая скользящий характер планирования, прежде всего в части систематического пересмотра планов «сдвигая» период планирования (например, после завершения очередного месяца, квартала, года);
- научность – любое решение, которое принимается специалистами-менеджерами или экономистами, должно быть основано на экономических законах;
- комплексность как взаимосвязь и отражение всех направлений финансово-хозяйственной деятельности предприятия;
- многовариантность, позволяющая выбрать наилучшую из альтернативных возможностей достижения поставленной цели. Соблюдение этого принципа требует разработки различных сценариев будущего развития предприятия исходя из вероятностных сценариев окружающей среды;
- итеративность, предусматривающая неоднократность увязки уже составленных разделов плана (итерации). Это обуславливает творческий характер самого процесса планирования.

В работе [101] рассмотрена иерархия автоматизированных систем и определено место систем класса MES (рисунок 2.10) функции, которых необходимо реализовать при создании системы диспетчеризации производства.



Рисунок 2.10 – Иерархия производственных автоматизированных систем

Системы управления класса MES позволяют оптимизировать производство и сделать его более рентабельным. Это становится возможным благодаря быстрой реакции на происходящие события и применения математических методов компенсации отклонений от производственного расписания.

MES системы собирают и обобщают данные, получаемые от различных технологических линий и производственных систем. Это позволяет вывести на более высокий уровень организацию всей производственной деятельности от формирования заказа на изделие до его выпуска.

Системы управления MES позволяют формировать данные о текущем состоянии производственных показателей, которые включают реальную себестоимость продукции, необходимые для более качественного функционирования систем управления класса ERP.

Также системы управления класса MES позволяют реализовать связь бизнес-процессов и производственных процессов в реальном времени. Это позитивно сказывается на повышении отдачи основных фондов, снижении себестоимости изделия, своевременной поставке, повышении производительности и прибыли, то есть улучшаются финансовые показатели всего предприятия в целом.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что системы управления класса MES являются, по сути, связующим звеном между системами управления класса ERP и оперативной производственной деятельностью предприятия на уровне цеха, участка или производственной линии.

Проведенный анализ показывает, что существующие системы диспетчирования производства не обеспечивают оперативное изменение состава заказа в процессе производства.

Функции, которые выполняются системами класса MES, могут быть интегрированы с другими системами управления предприятием. К таким функциям можно отнести:

- планирование цепочек поставок (SCM),
- продажи и управления сервисом (SSM),
- планирования ресурсов предприятия (ERP),
- автоматизированные системы управления технологическими процессами (SCADA, АСУТП),
- система управления взаимоотношениями с клиентами (CRM),
- автоматизированная система технологической подготовки производства (CAPP),
- система автоматизированного проектирования (CAD, САПР).

Такая интеграция обеспечивает своевременное и всеобъемлющее наблюдение за важными производственными процессами. Только интеграция со смежными системами обеспечивает получение максимального эффекта от автоматизации производства.

При анализе существующей схемы прохождения информации об изготавливаемых ДСЕ (рисунок 2.11) и изучении концепции систем класса MES [100] были предложены функции, которые необходимо реализовать в разрабатываемой системе.

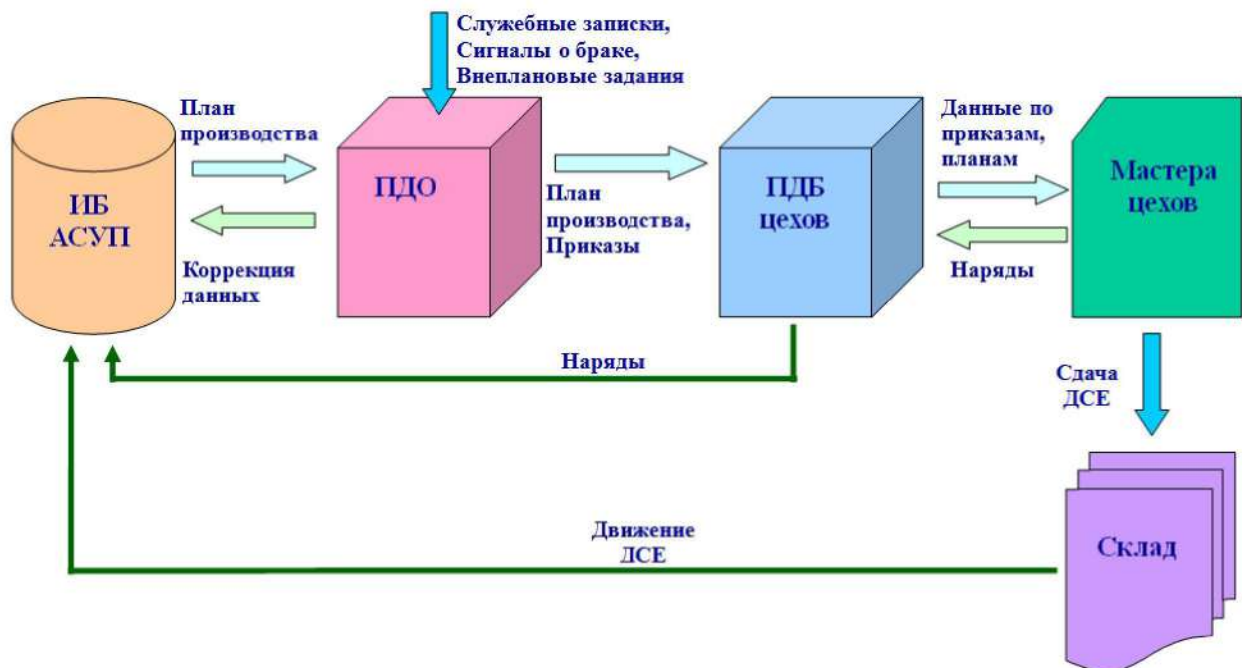


Рисунок 2.11 – Схема прохождения информации об изготавливаемых ДСЕ

Функции, предлагаемые к реализации:

- диспетчеризация производства – управление потоком изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, посредством рабочих нарядов;
- управление документами – контроль содержания и прохождения документов, сопровождающих изготовление продукции, ведение плановой и отчетной цеховой документации;
- отслеживание истории продукции – визуализация информации о месте и времени выполнения работ по каждому изделию. Информация включает в себя отчеты: об исполнителях, технологических маршрутах, комплектующих, материалах, партионных и серийных номерах, произведенных переделках, текущих условиях производства и т.п.;
- сбор и хранение данных – взаимодействие информационных подсистем в целях оперативного изменения производственных планов, а также получения, накопления и передачи технологических и управляющих данных, циркулирующих в производственной среде предприятия;
- анализ производительности – предоставление подробных отчетов о реальных результатах производственных операций. Сравнение плановых и фактических показателей.

2.6 Схема взаимодействия информационных систем

На рисунке 2.12 приведена схема взаимодействия информационных систем связанных с изготовлением ДСЕ на этапах от разработки до производства изделия. Узким местом данной схемы является то, что производственные планы являются укрупнёнными и доводятся только до уровня цехов, а также то, что, автоматически сформированные сопроводительные документы, после печати и прохождения необходимых этапов согласования для последующей автоматической обработки вводятся в систему вручную.



Рисунок 2.12 – Схема взаимодействия информационных систем

После анализа существующих концепций автоматизации промышленных предприятий было решено в данную схему взаимодействия добавить систему диспетчеризации производства в функции, которой должны быть включены доведения производственных планов до цеховых участков, оперативный контроль за текущим состоянием ДСЕ в производстве и автоматическое формирование сопроводительных документов с возможностью их быстрого повторного ввода в информационную систему. Данная схема приведена на рисунке 2.13

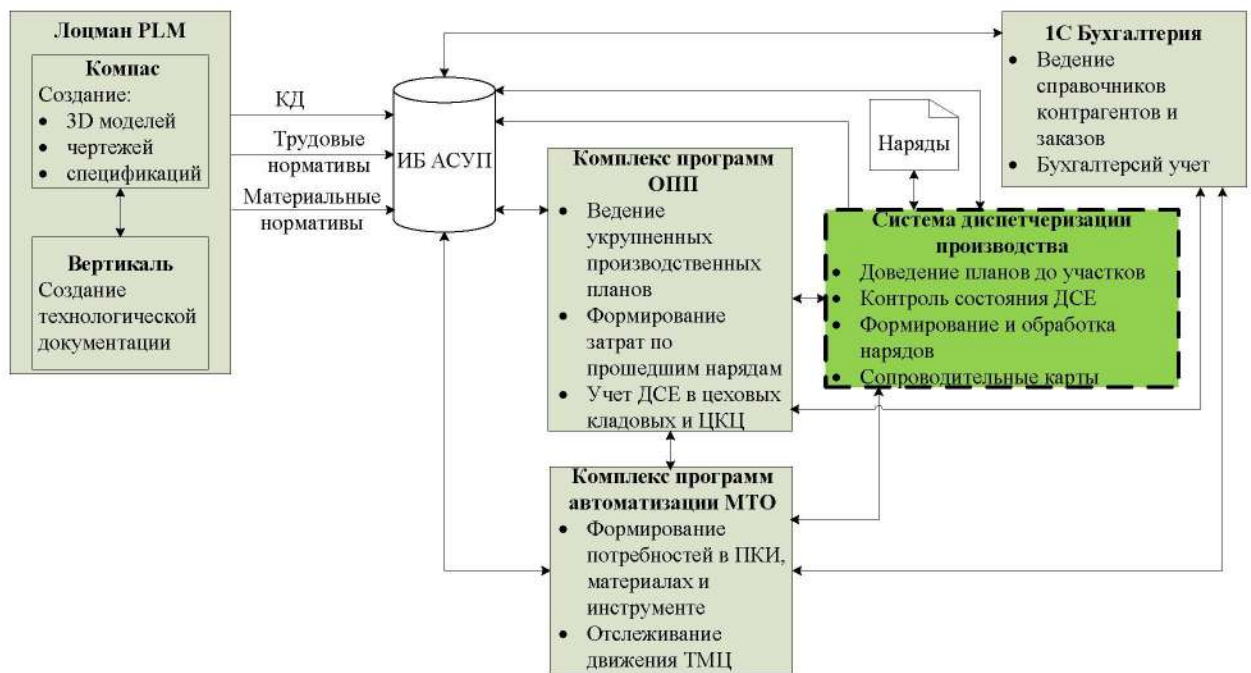


Рисунок 2.13 – Схема взаимодействия информационных систем с добавлением системы диспетчеризации производства

Таким образом, необходимость интеграции системы диспетчеризации производства в информационное пространство предприятия стало очевидным, а для детального анализа связей с существующими процессами необходимо создать модели процессов создаваемой системы.

2.7 Выводы по главе 2

1. В результате анализа необходимых к реализации задач были выбраны функции, которые необходимо реализовать в разрабатываемой автоматизированной системе.

2. Для успешной реализации автоматизированной системы диспетчеризации производства, в рамках существующего единого информационного пространства, предложена схема взаимодействия с существующей системой.

3. Была разработана модель организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством.

Глава 3. Архитектура системы диспетчирования производства

Для реализации предложенного в предыдущей главе метода, обеспечивающего поддержку позаказного производства в условиях изменяющегося планирования необходимо сформировать архитектуру системы, в ходе ее разработки формируются различные архитектурные модели.

Модели процессов, представленные в данной главе, разработаны в соответствии со стандартом IEDF0 [152,153].

Модель реляционной базы данных разработана в соответствии со стандартом IDEF1X.

Для визуализации архитектуры разрабатываемой системы использовался унифицированный язык моделирования (UML) [153-159], являющийся стандартным инструментом для создания описания программного обеспечения.

3.1 Модели процессов

На рисунке 3.1 приведена обобщенная модель процессов, на которой показаны основные входы, выходы, механизмы и управление выполняющие задачу «Изготовление ДСЕ на «АО «НПП Радиосвязь»».

На момент проектирования системы диспетчеризации производства, планирование осуществлялось на уровне цехов и доводилось до исполнителей в бумажном и электронном виде, без учета служебных записок от конструкторского и технологического отдела [141], что в условиях опытного и мелкосерийного производства вело к большим трудозатратам по контролю изготовления данных ДСЕ.

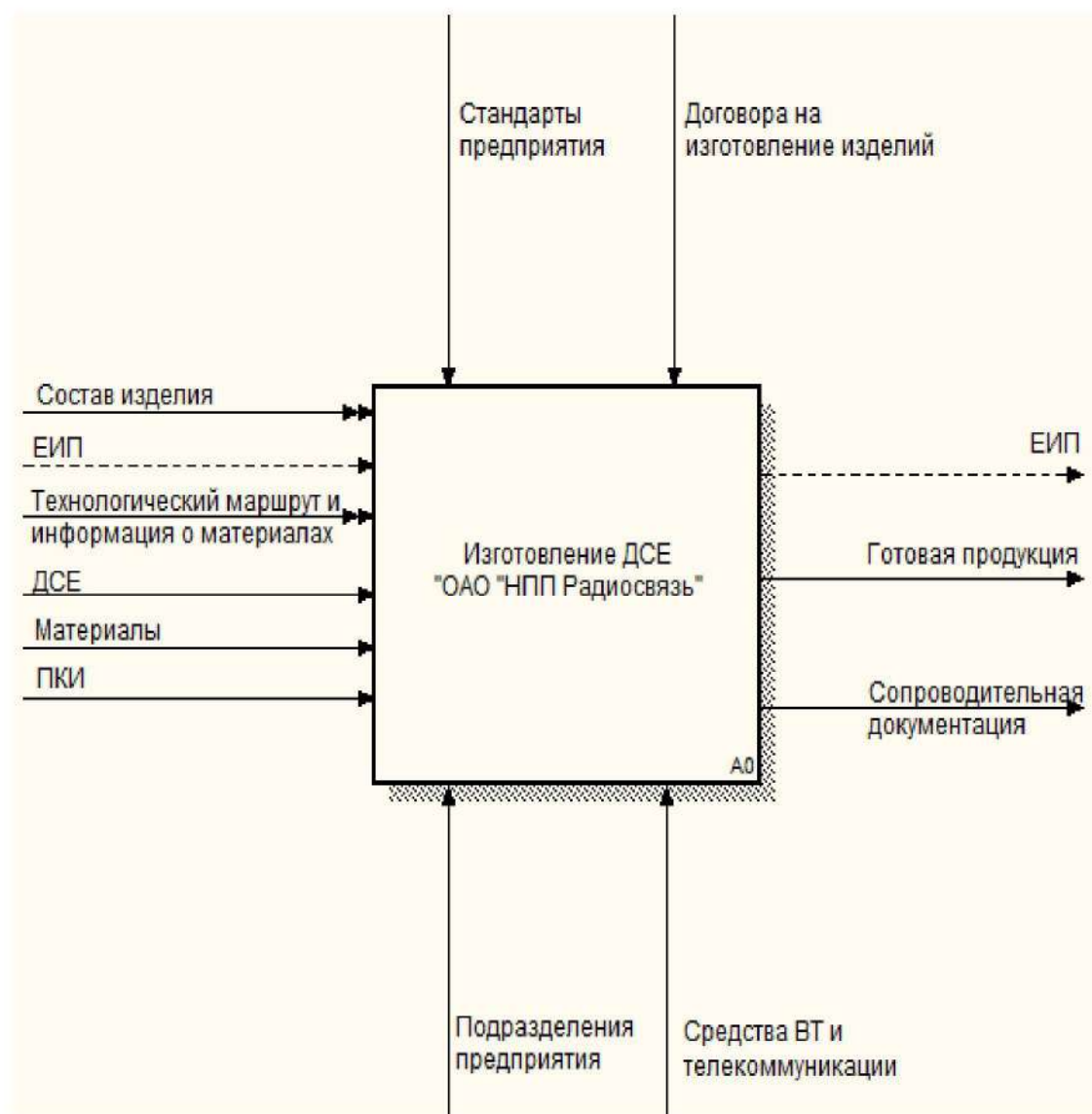


Рисунок 3.1 – Модель Изготовление ДСЕ на «АО «НПП Радиосвязь»

На рисунке 3.2 приведена детализированная модель процессов, на которой показаны основные процессы выполняющиеся при изготовлении ДСЕ на АО «НПП Радиосвязь» до разработки системы диспетчирования производства.

На рисунке 3.3 приведена детализированная модель процессов, на которой показаны основные процессы, входы, выходы и механизмы выполняющие «Изготовление ДСЕ «АО «НПП Радиосвязь»». Сравнив модели до и после внедрения системы диспетчирования производства мы видим, что на этапе обработки и доведения до исполнителя производственного плана участковые планы, коррекция участковых планов и участковые маршруты доводились до мастеров цеха в

бумажном виде, что вело к значительным временным задержкам на этапе запуска в производство ДСЕ.

Таким образом, в созданной системе была реализована обработка и доведение до участков служебных записок и всех изменений производственного плана.

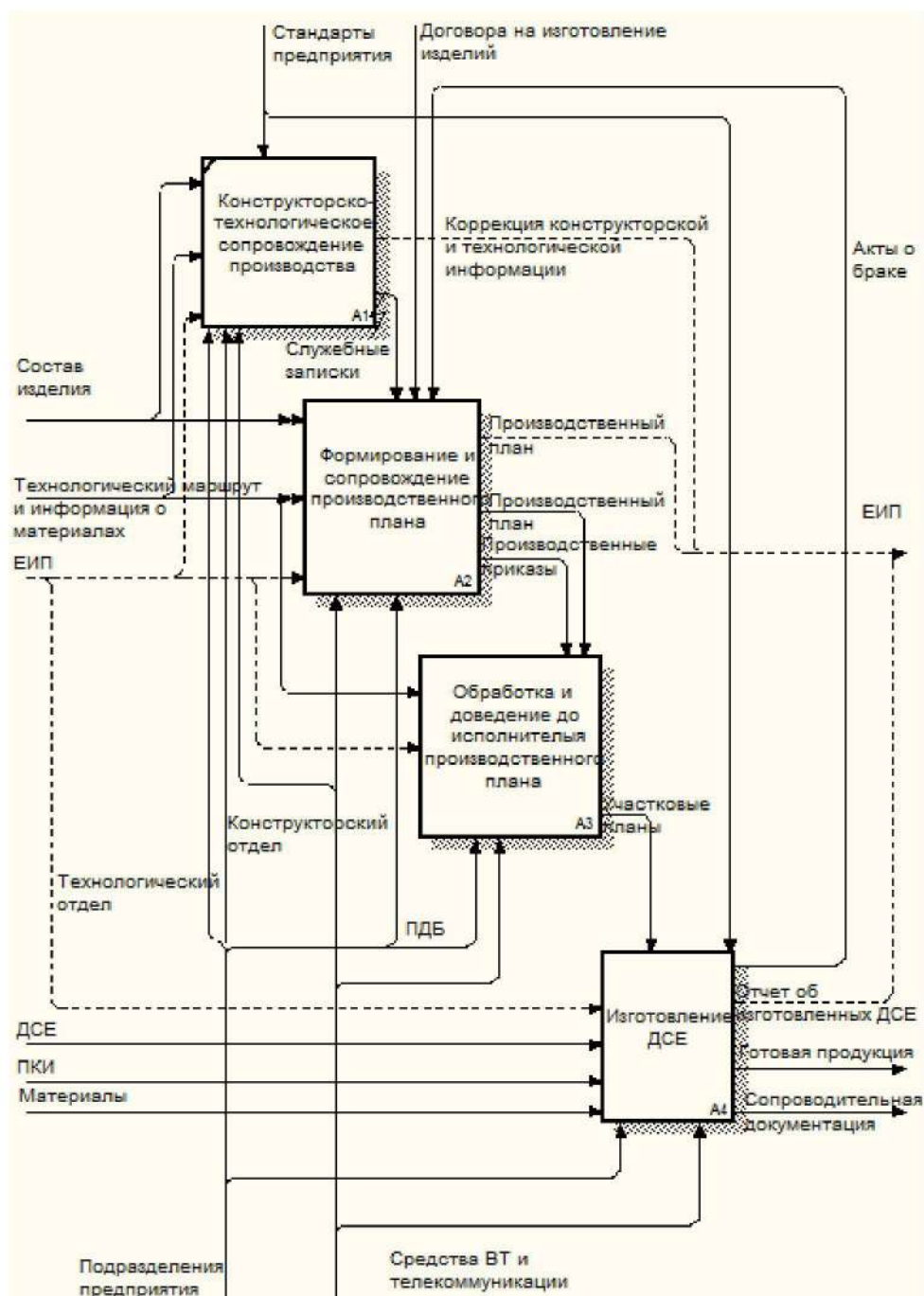


Рисунок 3.2 – Модель Изготовление ДСЕ «АО «НПП Радиосвязь»» до внедрения системы диспетчирования производства

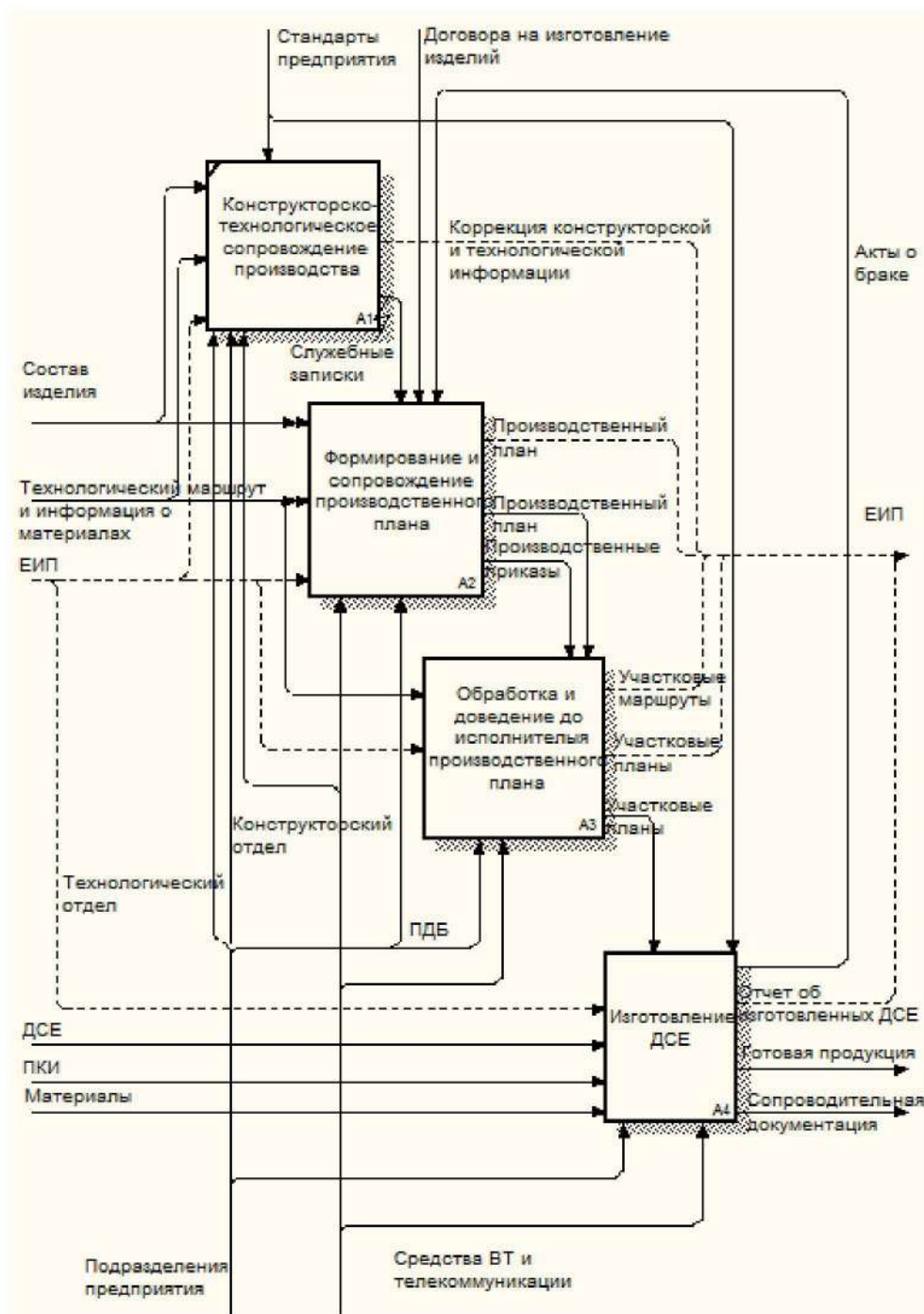


Рисунок 3.3 – Модель Изготовление ДСЕ «АО «НПП Радиосвязь»»

В связи с тем, что конструкторско-технологическое сопровождение производства осуществляется в комплексе программ Лощман PLM и в дополнительном структурировании и автоматизации не нуждается, то данный блок детализироваться и описываться более подробно не будет.

На рисунке 3.4 приведена детализированная модель процессов по формированию и сопровождению производственного плана, в таблице 3.1 приведено описание действий происходящих в процессах.

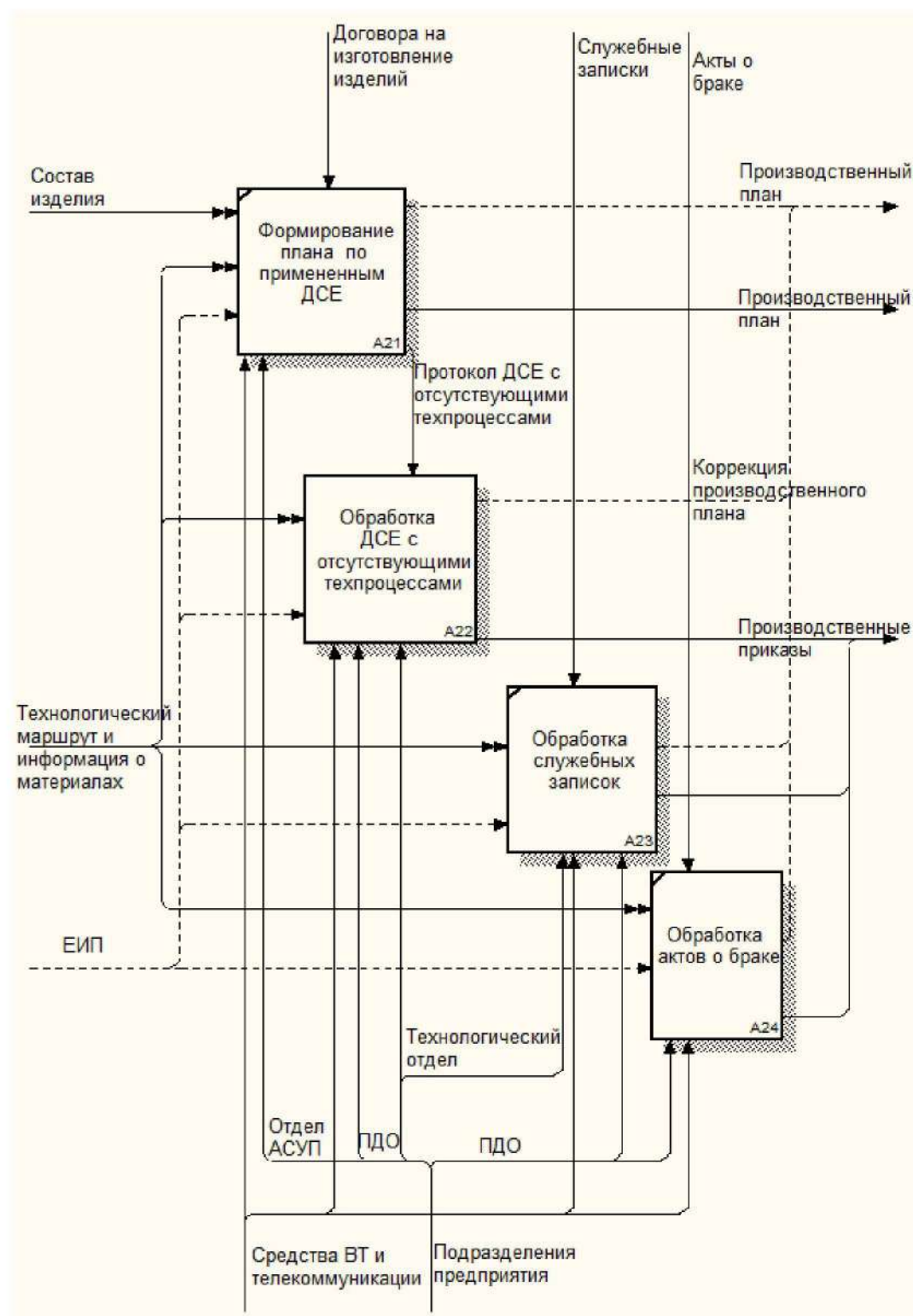


Рисунок 3.4 – Модель Формирование и сопровождение производственного плана

Таблица 3.1 – Описание процессов “Формирование и сопровождение производственного плана”

Название процесса	Описание процесса
Формирование плана по примененным ДСЕ	На основании конструкторской и технологической документации с учетом уровней вхождения, директивных сроков, оптимальных партий запуска формируется цеховой план на указанный период (месяц, квартал, полугодие, год)
Обработка ДСЕ с отсутствующими техпроцессами	ДСЕ, у которых на момент планирования отсутствует утвержденный технологический процесс, попадают в протокол, на основании которого, после обработки в ПДО и получения технологического маршрута, формируется производственный приказ для ввода информации о ТП на эту ДСЕ в текущий план.
Обработка служебных записок	В случае изготовления деталей по эскизным чертежам или отработки записей журнала оперативных решений, от разрабатывающих подразделений поступают в ПДО служебные записки на изготовление ДСЕ, на основании которых, формируется производственные приказы для ввода информации о ТП на эту ДСЕ в текущий план.
Обработка актов о браке	В случае возникновения неустранимого брака, составляется акт о браке, в котором указывается на каком этапе возник брак и виновник брака на которого будут отнесены затраты на изготовление. На основании данного акта формируется производственный приказ, в котором указывается ДСЕ, которые необходимо изготовить заново, и цеха, которым необходимо вновь обработать данную ДСЕ, также на основании данных приказов корректируется производственный план.

На рисунке 3.5 представлена модель изготовления ДСЕ по неучтенным чертежам. Данная модель детализирует процесс изготовления ДСЕ по служебным запискам, представленный на рисунке 3.4, в таблице 3.2 приведено описание действий происходящих в процессах.

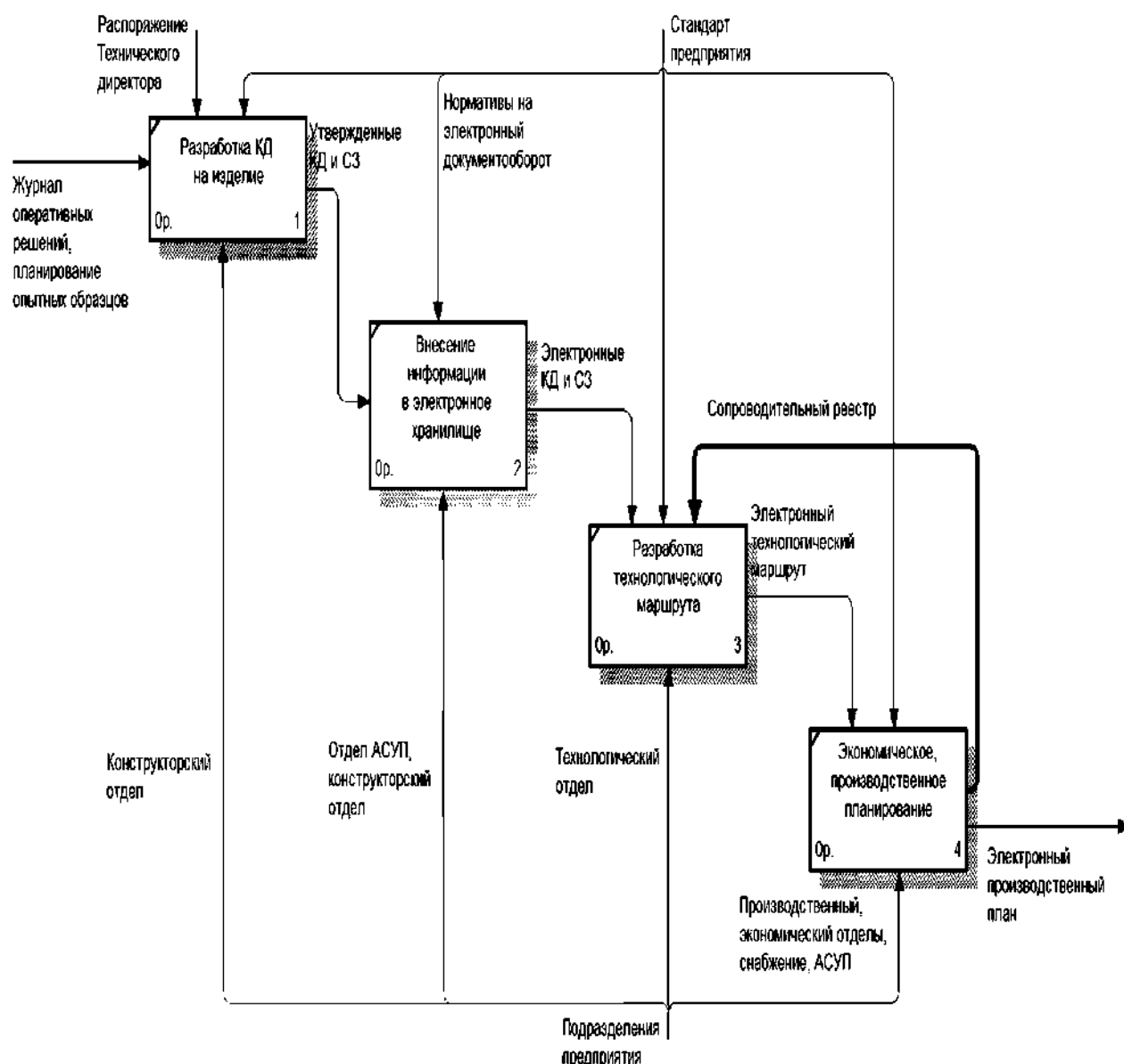


Рисунок 3.5 – Модель изготовления ДСЕ по неучтенным чертежам

Таблица 3.2 – Описание процессов “Изготовления ДСЕ по неучтенным чертежам ”

Название процесса	Описание процесса
Разработка КД на изделие	На основании записи в журнал оперативных решений или в случае изготовления опытных ДСЕ разрабатывается комплект конструкторской документации.
Внесение информации в электронное хранилище	Разработанная документация и служебная записка на изготовление необходимых ДСЕ заносятся в электронном виде в единое информационное пространство.
Разработка технологического маршрута	Разрабатывается операционный технологический маршрут с информацией достаточной для планиро-

Название процесса	Описание процесса
	вания данных ДСЕ
Экономическое, производственное планирование	Проводится нормирование труда на выполнение операций техпроцесса и добавление в производственный план через производственные приказы ДСЕ.

На рисунке 3.6 представлена модель обработки и доведение до исполнителя производственного плана, в таблице 3.3 приведено описание действий происходящих в процессах.

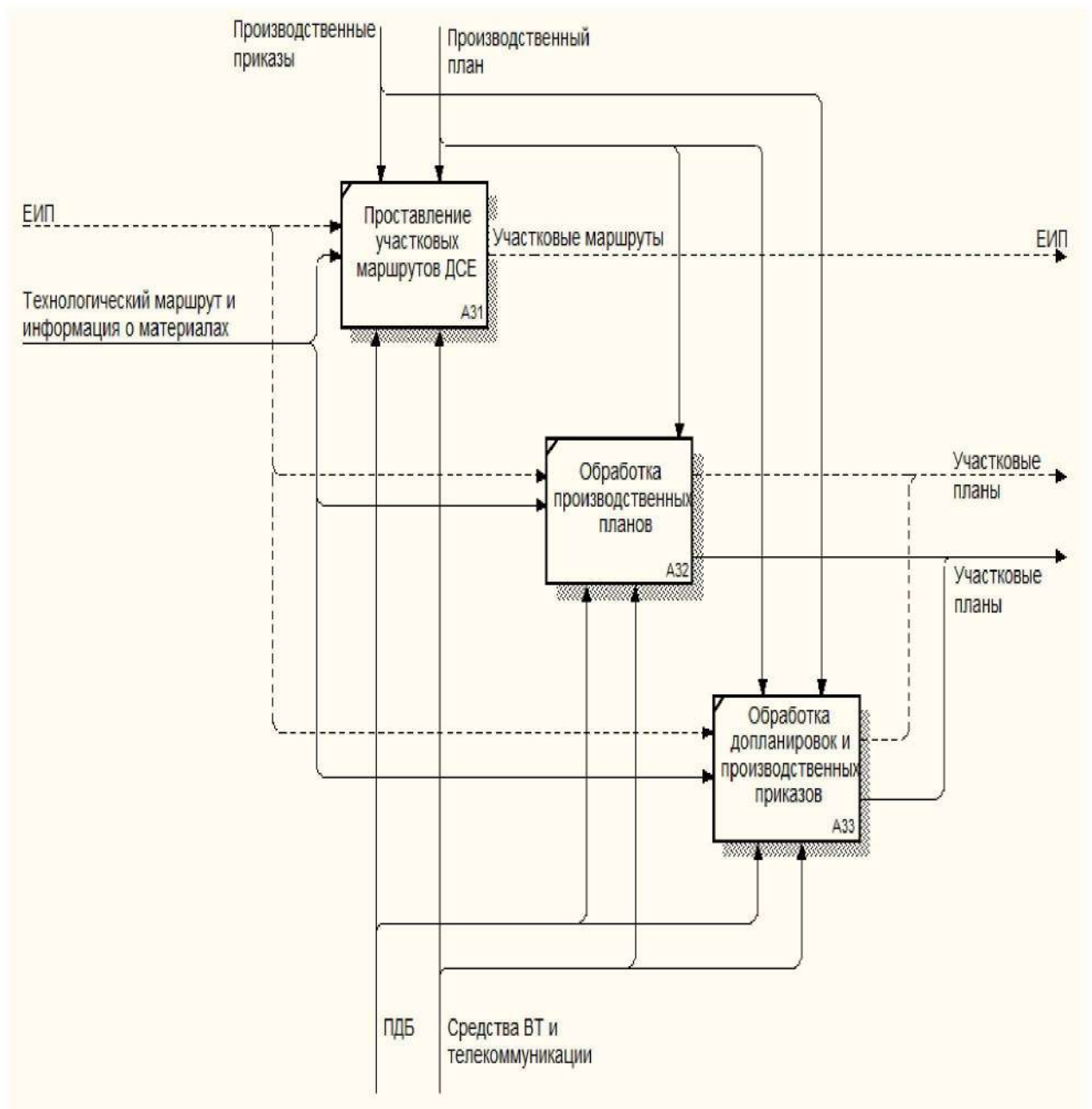


Рисунок 3.6 – Модель «Обработка и доведение до исполнителя производственного плана»

Таблица 3.3 – Описание процессов “Обработка и доведение до исполнителя производственного плана”

Название процесса	Описание процесса
Проставление участковых маршрутов ДСЕ	Для ДСЕ на которые в технологических процессах отсутствуют участковые маршруты и для ДСЕ, которые могут изготавливаться на разных участках одного цеха необходимо указать участки, на которых будет производиться данная ДСЕ.
Обработка производственных планов	При получении производственного плана, ПДО после проверки наличия проставленных участков на все ДСЕ может скорректировать план на основании оперативных данных, которые не прошли через автоматизированный учет на момент планирования, к таким данным могут относиться наряды и остатки в цеховых комплектациях и в центральном комплекточном цехе.
Обработка допланировок и производственных приказов	Допланировка представляет собой изменение производственного плана произведённое на основании заключенного контракта, приказа по предприятию и ведомости применяемости. По допланировке может быть изменено количество комплектов заказа, добавлен новый заказ. Производственные приказы поступают от ПДО и вносят изменение в план по конкретным ДСЕ. Обработка допланировок и производственных приказов аналогична обработки производственных планов, отличие только в том что при выдаче производственного плана необходимо синхронизироваться с предыдущим планом, а данные коррекции предполагают только изменение количества запланированных ДСЕ или добавление новых в текущий производственный план.

На рисунке 3.7 представлена модель изготовления деталей и сборочных единиц, в таблице 3.4 приведено описание действий происходящих в процессах.

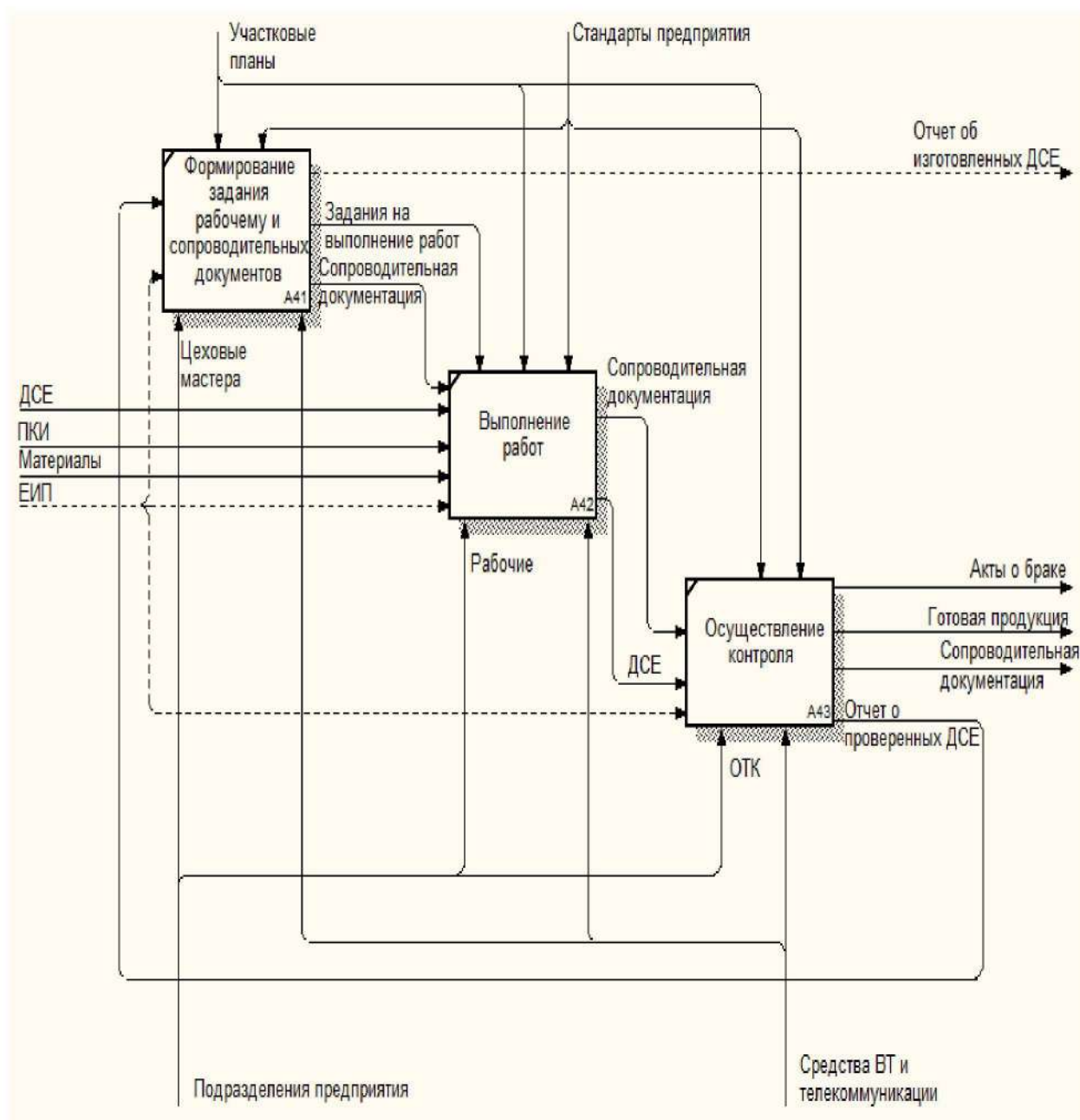


Рисунок 3.7 – Модель «Изготовление ДСЕ»

Таблица 3.4 – Описание процессов «Изготовление ДСЕ»

Название процесса	Описание процесса
Формирование задания рабочему и сопроводительных документов	Мастер цеха на основании данных участкового плана выбирает ДСЕ которые необходимо изготовить в первую очередь. На данные ДСЕ формируются сопроводительная документация (сопроводительные карты, наряды) и, в зависимости от участка работ, информация об изготавливаемых ДСЕ передается рабочему в электронном или бумажном виде.

Название процесса	Описание процесса
Выполнение работ	Операторы станков с ЧПУ получают задания в электронном виде, для станков с одновременной обработкой нескольких деталей таких как установка лазерного кроя. После получения задания оператор, автоматически копирует шаблоны изготавливаемых деталей и формирует управляющую программу для станка. Все этапы работы сопровождаются проставлением соответствующих статусов в электронном участковом плане. Рабочие слесарных участков и универсальных станков получают в качестве задания сопроводительные карты на детали, которые необходимо изготовить, после этого они получают чертежи на обрабатываемые детали и выполняют необходимые операции. После выполнения работ детали предъявляются на контроль.
Осуществление контроля	Работник отдела технического контроля осуществляет контрольные операции в соответствии с технологическим процессом. При обнаружении несоответствия ДСЕ заявленным параметрам и невозможности устранения дефекта составляется акт о браке, который передается в производственный отдел и на основании которого происходит коррекция плана. Если деталь соответствует заявленным характеристикам то делается отметка о прохождении ОТК в нарядах и сопроводительных картах, ДСЕ передается на следующую по маршруту операцию.

В представленных моделях рассмотрен процесс изготовления ДСЕ, детализированы процессы (рисунок 3.5, 3.6) реализующие функции, предъявленные к разрабатываемой системе.

3.2 Модель реляционной базы данных

В данной модели приведены основные таблицы и отношения между ними. Детальный разбор таблиц необходимых для создания системы приведен в приложении А.

На рисунке 3.8 приведена модель данных подмножества планов, на данной модели показаны основные таблицы использующиеся для обработки и запуска в работу номенклатурных планов.

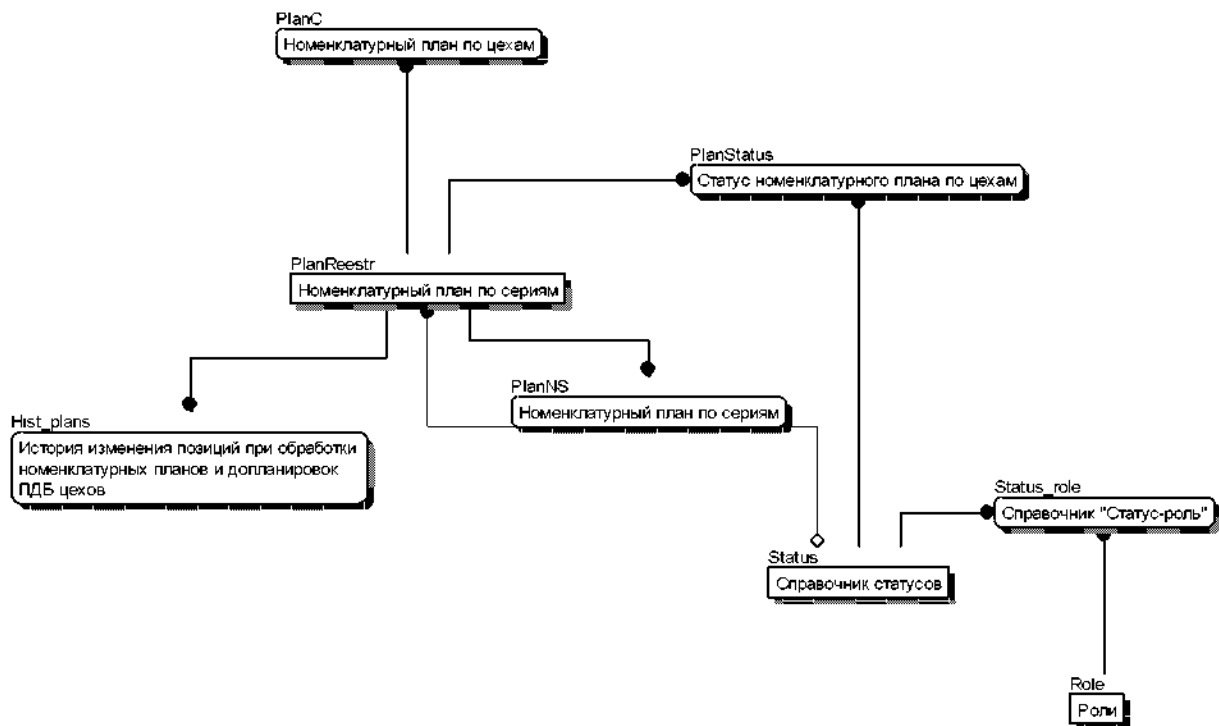


Рисунок 3.8 – Модель данных подмножества планов

На рисунке 3.9 приведена модель данных подмножества допланировок на данной модели показаны основные таблицы, использующиеся для обработки и проведения допланировок и производственных приказов в рамках номенклатурного плана.

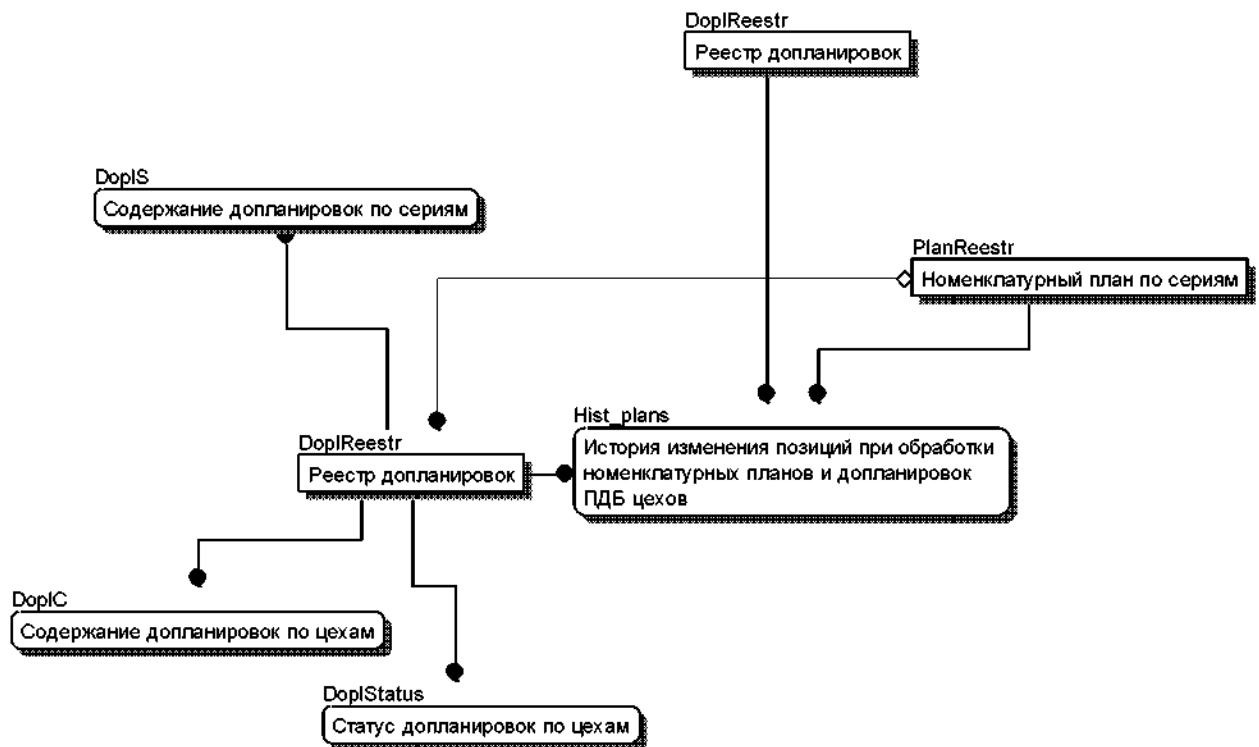


Рисунок 3.9 – Модель данных подмножества допланировок

На рисунке 3.10 приведена модель данных подмножества участковых планов, на данной модели показаны основные таблицы использующиеся для работы с участковыми планами.

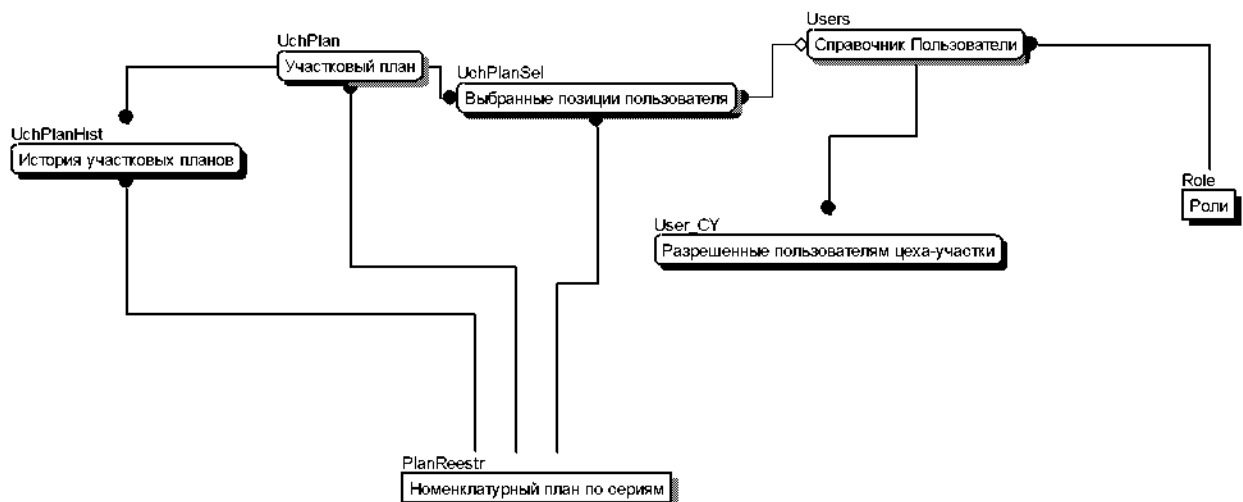


Рисунок 3.10 – Модель данных подмножества участковых планов

На рисунке 3.11 приведена модель данных подмножества сопроводительных карт. На данной модели показаны основные таблицы, использующиеся для загрузки формирования и отслеживания сопроводительных карт.

Сопроводительная карта является документом подтверждающим прохождение всего технологического процесса конкретной партией ДСЕ. Автоматизация процесса написания и визуализации прохождения производственных этапов партиями ДСЕ обеспечивает ускорение работы распределителей работ цеха и предоставляет дополнительные функции контроля исполнения производственных заказов.

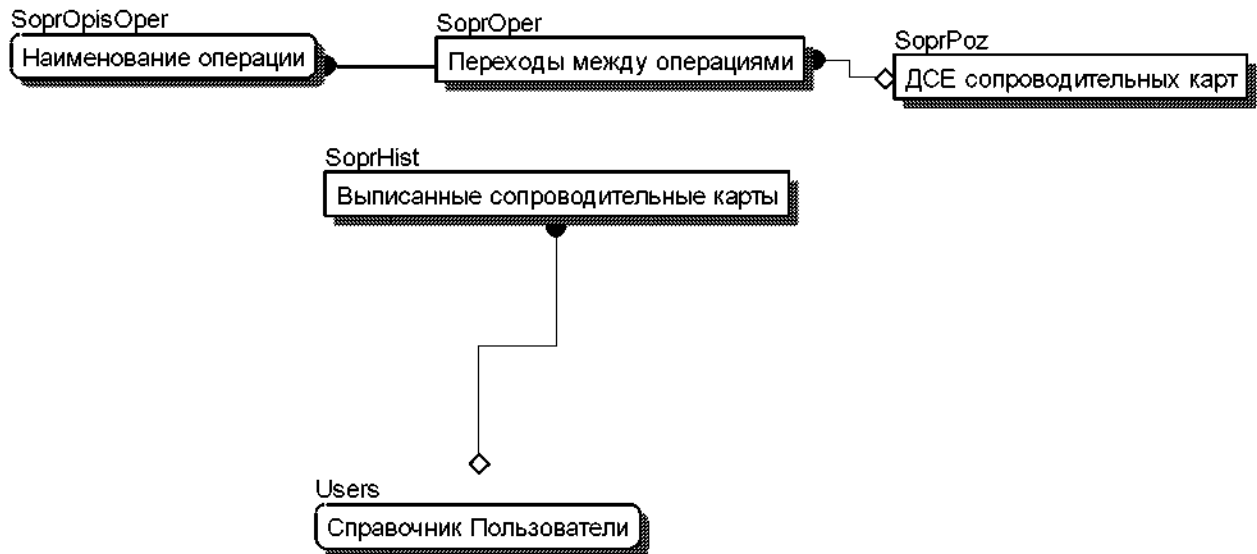


Рисунок 3.11 – Модель данных подмножества сопроводительных карт

В результате разработки системы диспетчирования заготовительного, механообрабатывающего и механосборочного радиоэлектронного производства были автоматизированы этапы обработки и доведения до исполнителя номенклатурных планов и допланировок, обработки служебных записок, актов о браке и внеплановых заданий с последующей коррекцией участков планов, а также этап оформления сопроводительной документации. Все это в совокупности увеличило скорость обработки производственных планов и, как следствие, ускорило запуск в производство и контроль исполнения производственных заказов.

3.3 Диаграмма прецедентов

На рисунке 3.12. представлена диаграмма прецедентов создаваемой системы диспетчирования производства.

В должностные обязанности инженера по подготовке производства ПДБ входит доведение плановой информации до мастеров участков цехов, контроль правильности и своевременности прохождения сопроводительной документации на изготовленные ДСЕ, а также сроков изготовления ДСЕ. Для реализации этих обязанностей инженеру по подготовке производства ПДБ необходимо: при обработке номенклатурного плана получить и обработать все выписанные производственные наряды; проставить участковый маршрут на новые и измененные ДСЕ; проверить сверхнормативное наличие на ЦКЦ или в цеховых комплектациях. Так как допланировки и производственные приказы корректируют существующий номенклатурный план, при их обработке необходимо учитывать только сверхнормативное наличие на ЦКЦ или в цеховых комплектациях.

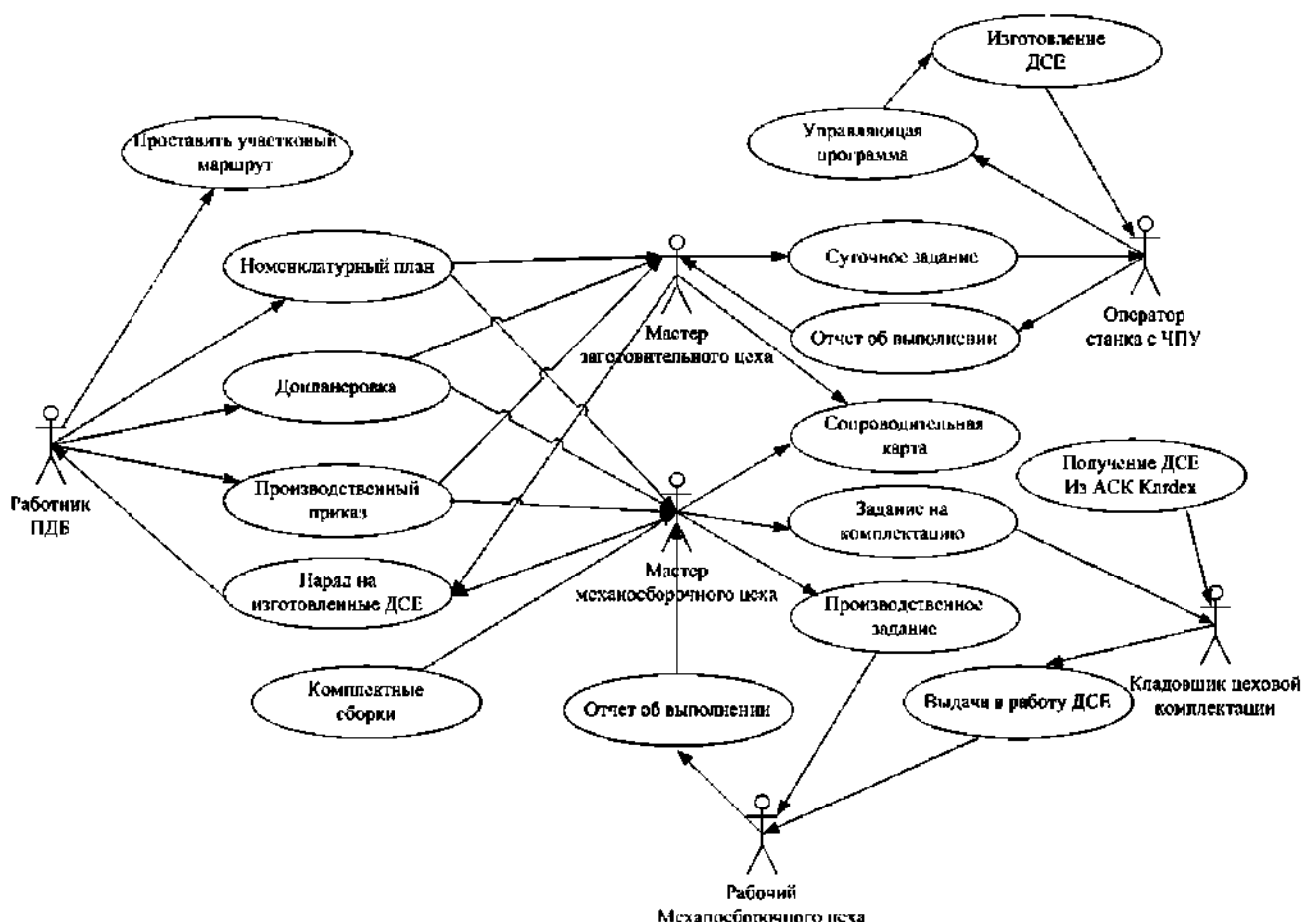


Рисунок 3.12 – Диаграмма прецедентов системы диспетчирования производства

В должностные обязанности мастеров входит выдача и контроль сроков выполнения заданий на изготовления ДСЕ. В частности, для мастеров заготови-

тельного производства с относительно короткими сроками изготовления ДСЕ и большим объемом номенклатуры необходимо формировать суточное задание на изготовление ДСЕ, исходя из очередности изготовления ДСЕ и компоновки материалов. На каждую заготовку формируется сопроводительная карта с указанием операционного маршрута, основного материала, номера партии, размера заготовки, количества и фамилии рабочего. Далее в зависимости от оборудования рабочий формирует управляющую программу для станков с ЧПУ и изготавливает заготовки в необходимом количестве или изготавливает заготовки на основании чертежа. Рабочий предъявляет контролеру изготовленные ДСЕ, о качестве которых делается отметка в сопроводительной карте. После выполнения задания рабочий отчитывается о выполнении перед мастером участка. Мастер формирует наряды на изготовленные ДСЕ и отправляет их вместе с изготовленными ДСЕ и сопроводительными картами в комплектацию следующего по маршруту цеха. Оттуда после проверки соответствия количества и качества переданных ДСЕ наряд с соответствующей отметкой передается в ПДБ цеха.

Для мастеров механосборочных цехов, в связи с более длительным циклом изготовления ДСЕ и большей сложностью изготовления, специфика работы несколько отличается от заготовителей. Для изготовления сборочного узла необходимо довести полученные заготовки до уровня достаточного для включения в сборки, а также наличие в цеховой комплектации всех составных частей. После определения последовательности и возможности изготовления сборочного узла, мастер механосборочного цеха выдает задание на комплектацию в цеховую кладовую и производственное задание рабочему. Кладовщик комплектует сборочные узлы необходимыми ДСЕ и передает их рабочему. Готовые сборки предоставляются на контроль и на них выписываются наряды с последующей передачей через ЦКЦ в ПДБ цеха.

3.4 Диаграмма развертывания

На рисунке 3.13. представлена диаграмма развертывания создаваемой системы диспетчирования производства с использованием *web*-интерфейса. Челове-

ко-машинный интерфейс представлен: рабочими местами работников ПДО и ПДБ, мастера цеха, дополненными принтерами для печати сопроводительной документации; рабочими местами кладовщиков уровня производственного цеха, дополнительно оснащенные термопринтерами для печати штрих-кодов и автоматизированными складскими комплексами Kardex [160]. Складские комплексы работают в системе кладовых производственных цехов, связанной с действующими базами данных номенклатуры ТМЦ и рабочего персонала.

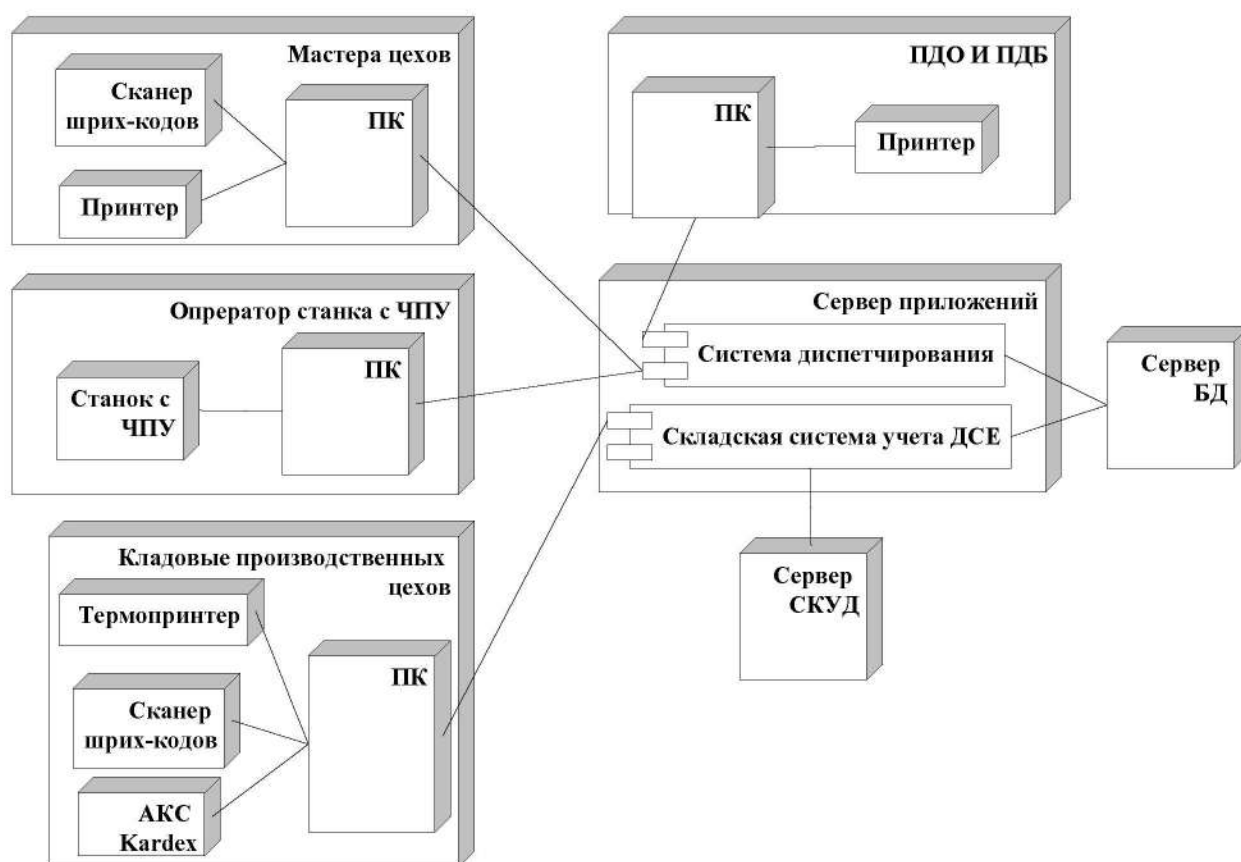


Рисунок 3.13 – Диаграмма развертывания системы диспетчирования производства

Сканер штрих-кодов используется для выполнения микротранзакций, при проведении которых учитываются:

- десятичный номер ДСЕ;
- номер партии запуска;
- идентификатор рабочего;
- дата и время проводки;

- идентификатор кладовщика.

АСК Kardex [160-162] обеспечивает функции управления хранения и выдачи грузов с помощью базового набора команд. Информация о местоположении хранимых объектов находится на сервере заданий на комплектацию. Задание содержит перечень всех необходимых составных частей (ПКИ, материалы, крепеж, инструмент) для изготовления этой сборочной позиции, согласно конструкторской и технической документации. При необходимости скомплектовать сборочную позицию, формируется задание на комплектацию с применением web-интерфейса, после чего сервер управления АСК создает пакеты перемещений поддонов с грузами к окну выдачи и обратно в соответствии с принятыми заданиями для каждого устройства.

3.5 Интеграция системы в существующую АСУП

Анализ результатов внедрения ERP-систем на приборостроительных предприятиях, основных тенденций развития концепции PLM, взаимодействия процессов конструкторско-технологической подготовки и оперативного управления производством, выявил необходимость интеграции в ЕИП предприятия функций следующих информационных систем: CAD (системы автоматизированного проектирования), CAM (системы технологической подготовки производства), PDM (системы хранения данных), FRP (системы финансового планирования), MRP II (системы управления производственными ресурсами), MES (системы оперативного производственного планирования). Учитывая рассмотренный опыт автоматизации различных предприятий, созданная информационная база комплексной автоматизированной системы управления предприятием была разработана с учетом взаимодействия PLM- и ERP-концепций (Рисунок 3.14).



Рисунок 3.14 – АСУ АО «НПП «Радиосвязь»

При проектировании информационной системы и планировании порядка автоматизации производственных процессов отделом АСУП учитывается необходимость использования методов и подходов для реализации приложений, которые позволяют минимизировать издержки предприятия и повысить прозрачность бизнес-процессов. Разработка приложений отделом АСУП осуществляется с применением гибкой методологии разработки Agile. Данная методология применяется в силу использования гибкого подхода в основном производстве. Внедрение реализованного функционала осуществляется сразу после реализации и тестирования поставленной задачи.

Между приложениями реализована тесная интеграция посредством «шин» передачи данных, которая выполняется посредством использования сервисной архитектуры Windows Communication Foundation (WCF), а также Application Programming Interface (API) с использованием различных форматов данных: eXtensible Markup Language (XML), JavaScript Object Notation (JSON), форматированных текстовых файлов. Из систем компании «Аскон» с помощью API Компас производится выгрузка данных из конструкторских спецификаций в систему написания производственных служебных записок, которая тесно интегрирована с системой планирования и диспетчеризации производства при помощи СУБД MS SQL Server. Построение номенклатурного плана выпуска продукции основа-

но на технологических и конструкторских данных, выгруженных из системы Лоцман PLM.

Синхронизация данных между системами реализована посредством сервиса передачи данных. Вызов данного сервиса происходит несколькими способами: программный вызов из приложения, по заданию агента MS SQL Server, по заданию планировщика заданий в MS Windows Server, по заданию в агенте пула приложения.

Процесс согласования основных производственных документов (приказ на внесение изменения в план производства, служебные записки, и т.д.) происходит в 1С «Документооборот». Данная система имеет базовый функционал и интерфейс, который расширяется за счёт внесения дополнений в базовую конфигурацию. Данные в 1С «Документооборот» вносятся посредством вызова из соответствующих программных комплексов API и реализованного силами отдела АСУП сервиса интеграции 1С, являющейся API оберткой над COM соединением с использованием библиотеки «V83». Интеграция систем компании «Аскон» с системой планирования и диспетчеризации производства за счёт использования 1С «Документооборот», позволяет соединить процесс разработки и производства.

Интеграция 1С «Бухгалтерия» с системой планирования и диспетчеризации производства, а также с системой складского учёта в единую систему бухгалтерско-финансового учёта производится за счёт использования единого экземпляра СУБД, на котором развернута БД для работы 1С «Бухгалтерия» и БД складской системы, а также «шины» передачи данных – API 1С и T-SQL. Использование данных технологий обусловлено сложностью структуры БД, которую 1С создает в процессе внесения изменений в конфигурацию: название полей, большое количество таблиц не позволяют «напрямую» передавать данные из системы учета движения товароматериальных ценностей в 1С.

Также информационная система предприятия интегрируется с различными устройствами для упрощения ведения производственных процессов. Устройства предприятия добавляются в информационную систему (промышленный Интернет вещей). Складская система интегрирована с автоматизированными склад-

скими комплексами (АСК) Kardex, управление и контроль осуществляется с помощью HTTP запросов на сервер АСК. IP телефония тесно связана с приложениями посредством вызова сервиса, который осуществляет управление IP телефонами, закрепленными за сотрудниками предприятия, с помощью HTTP запросов. Данный подход позволяет выполнять звонки контрагентам из пользовательских приложений. Со складкой системой интегрирована линия поверхностного монтажа радиоэлектронных элементов. Данная интеграция позволяет создавать в автоматическом режиме документы по движению ТМЦ в складской системе за счёт обработки лог файлов в текстовом формате.

Добавление в информационную систему устройств позволяет анализировать в реальном времени производство с целью мониторинга ситуации и повышения управляемости, а также снижает риски влияния человеческого фактора в производстве.

Успешное внедрение автоматизированных систем управления АСК позволяет оптимизировать процесс управления площадью [162], выделяемой для хранения материалов и комплектующих изделий, повышает производственную культуру хранения и способствует организации эффективной системы складского учета. Особенностью внедрения АСК на АО «НПП «Радиосвязь» является разработка собственной автоматизированной системы управления (АСУ) складским комплексом, обеспечивающей интеграцию АСК в единое информационное пространство предприятия. Стандартное решение, поставляемое производителем АСК Kardex Shuttle XP, отличалось завышенной стоимостью, не обладало должным функционалом и не отвечало предъявляемым требованиям по масштабируемости. Кроме того, его использование привело бы к избыточности информационной инфраструктуры предприятия, т. к. предоставляемый функционал стандартной АСУ уже был реализован в используемых на предприятии системах управления складами, взаимодействующих с системой оперативного производственного планирования. Также внедрение нового стороннего программного обеспечения, разработанного по принципам, не согласующимся со стратегией автоматизации, принятой на АО «НПП «Радиосвязь», повлекло бы за собой по-

явление «узких» мест в ЕИП и привело к внеочередному переобучению персонала. Таким образом, для «бесшовной» интеграции приобретенных АСК в единое информационное пространство предприятия было принято решение о проектировании и разработке собственной АСУ складскими комплексами Kardex Shuttle XR.

Первоочередная задача, которую следует решить перед проектированием и разработкой АСУ, – проведение обследования процессов предметной области внедрения автоматизированной системы и выявление критичных функциональных требования к АСУ. В рассматриваемом случае такие требования свелись к обеспечению совместимости с уже существующей информационной инфраструктурой складского хозяйства. Необходимо было реализовать работу с заданием на комплектацию, обеспечить возможность работы с разделенными сетями: сеть АСК должна быть отделена от информационной сети предприятия с целью обеспечения надежности работы как АСК, так и системы оперативного планирования производства. Разработанная автоматизированная система управления складскими комплексами отвечает перечисленным требованиям и архитектурно состоит из сервера, управляющего АСК, который подключен к двум информационным сетям: сети, в которой располагается сервер СУБД, где хранится информация о заданиях на комплектацию, и сети склада (рисунок 3.15).

В приведенной на рисунке 3.15 архитектуре можно выделить:

- базу данных, используемую для хранения информации об АСК и заданиях на комплектацию сборок, располагающуюся на сервере заданий на комплектацию;
- серверное приложение, предназначенное для управления АСК, обеспечивающее автоматизацию процесса выполнения заданий;
- библиотеку команд и обмена с СУБД, предназначенную для реализации функции отправки команд управляемым устройствам в соответствии с заданными алгоритмами и коммуникации с системой управления базой данных.

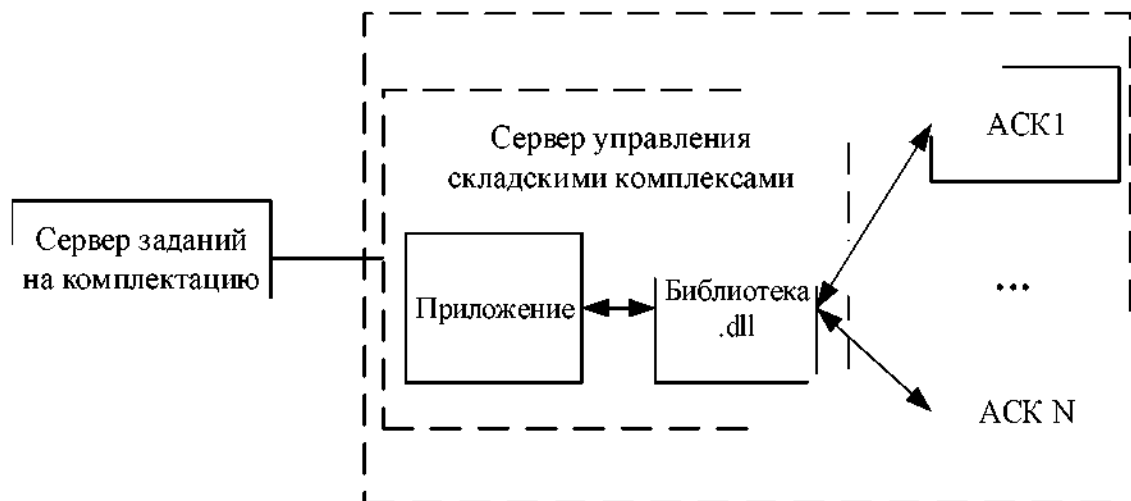


Рисунок 3.15 - Архитектура автоматизированной системы управления складскими комплексами

Основными объектами при разработке архитектуры АСУ являются библиотека команд и серверное приложение для обмена данными с СУБД и организации бесшовной интеграции в ЕИП предприятия. Остальные элементы представляют собой типовые решения, поставляемые производителем АСК, разработчиками СУБД или решения, уже разработанные и внедренные в производственный процесс. Разработанное унифицированное библиотечное решение является интегрирующим звеном между аппаратурой (АСК) и информационными системами, отвечающими за обеспечение процессов учета комплектующих изделий, деталей и сборочных единиц. Работа по ее проектированию и реализации была проведена отделом АСУП предприятия с привлечением сотрудников Сибирского федерального университета. Результат работы представляет собой системное приложение, устанавливаемое на ЭВМ, подключенную к локальной сети с расположенными в ней сервером СУБД и АСК.

На рисунке 3.16 приведен пример работы приложения совместно со складским комплексом лифтового типа Kardex Shuttle XP. В данном примере производится циклический опрос базы данных на наличие активных заданий и опрос подключенных складских комплексов на наличие сообщений. Входными и выходными данными программы является информация, считываемая и записываемая в базу данных, а также информация, полученная от АСК. С базой данных происходит обмен информацией о выполняемых заданиях и сообщениями от

АСК. После запуска программы происходит обращение к базе данных и выполняется:

- восстановление некорректных записей – обновляется значение поля status;
- считывание конфигурации АСК – извлекаются данные всех столбцов таблицы конфигурирования складского комплекса.
- На каждой итерации считываются следующие данные:
 - наличие заданий для устройства;
 - элементов задания (если есть активные задания).

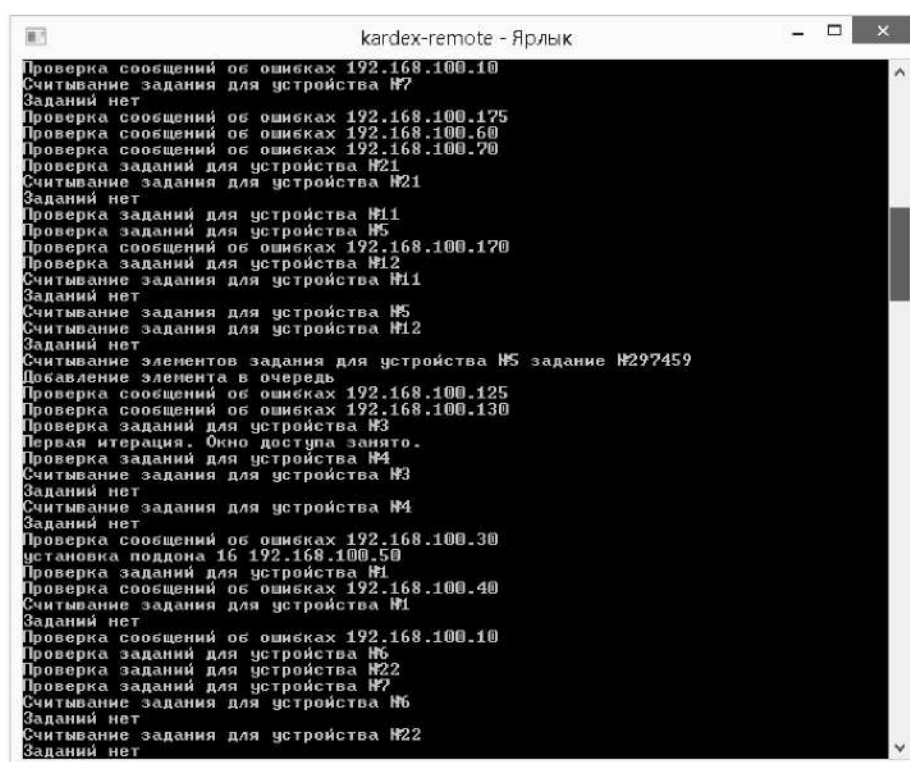


Рисунок 3.16 - Скриншот работы приложения совместно со складским комплексом *Kardex Shuttle XP*

После запуска приложения происходит обращение к компоненту по обмену данными с СУБД, запускается восстановление некорректных записей в таблице данных. Некорректная информация может возникнуть из-за неправильного завершения работы модуля в результате, например, нештатного отключения питания сервера. Затем выполняется считывание конфигурации АСК. Для обеспечения параллельного выполнения заданий создаются потоки, соответствующие каждому устройству. В каждом потоке осуществляется вход в цикл, выход из ко-

торого осуществляется при проверке флага выхода, если его значение равно true или путем закрытия программы. В цикле выполняются следующие проверки, которые используют компоненты библиотеки:

- проверка режима работы устройства (автоматическое или ручное управление);
- проверка наличия заданий в базе данных;
- проверка наличия подтверждения окончания работы с текущей позицией;
- проверка наличия ошибок, возникших на устройстве.

В случае возникновения ошибки на устройстве программа посылает сигнал подтверждения получения информации и повтора операции. Данная функция необходима для возможности возобновления работы после возникновения ошибки при отключенных панелях ручного управления. После каждой итерации производится перевод потока в режим сна на 1 секунду во избежание возникновения излишней нагрузки на сервер базы данных и управляемые устройства.

3.6 Выводы по главе 3

1. Разработана архитектура создаваемой системы включающая модель реляционной базы данных, а также диаграмму развертывания и диаграмму прецедентов системы диспетчирования позаказного производства.

2. Разработан метод интеграции создаваемых информационных систем с существующей АСУП.

Глава 4. Реализация программного комплекса и оценка эффективности системы

4.1 Реализация программного комплекса

Реализация системы диспетчирования производства выполнена с использованием стека технологий *ASP.NET*, языков *C#*, *T-SQL*. Для улучшения обратной связи человеко-машинного интерфейса к этому набору было добавлено расширение *ASP.NET AJAX* и библиотека *jQuery*, реализующие асинхронные запросы к серверу. Реализация уровня представления и обсчет алгоритмов, связанных с визуальным представлением информации, а не бизнес-правил, были вынесены на сторону клиента с использованием языка *JavaScript* и асинхронно-вызываемых статических веб-методов.

Основной упор в реализации программных продуктов заключен в web разработке. Данный подход позволяет обновлять клиентские приложения посредством загрузки новой версии на сервер приложений. Требуется мощный сервер, выполняющий бизнес-логику, клиентское приложение представляет собой только визуализатор вычисленных на сервере данных. Часть логики приложений выносится на клиентскую сторону для уменьшения нагрузки на внутреннюю сеть предприятия и снижения нагрузки на сервер приложений, за счёт того, что браузер при первой загрузке страницы загрузит новую версию приложения. Данный подход хорошо себя зарекомендовал, при частых обновлениях приложений, не требуется централизованно синхронизировать программы на всех клиентах, большее время уделяется разработке и оптимизации приложений.

Реализация информационного пространства посредством создания отдельных приложений позволяет упростить процесс внедрения нового функционала в производство. Небольшой штат программистов, объединенных в рабочие группы каждый день, разрабатывает новый функционал под потребности пользователей, все правки вносятся в систему контроля версий программного кода. Из-за многочисленных правок в проектах возможны конфликты в версиях, система кон-

троля версий Git позволяет их решать оперативно, а функция web deploy размещать на сервер новые версии приложения, не затрагивая другие приложения и пользователей, работающих в них.

Преимущества, полученные от применения данного подхода к разработке АСУ предприятия преведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Подходы и преимущества

Реализация	Преимущества
Использование готовых приложений для решения задач свойственных любому радиоэлектронному производству (САПР система, бухгалтерско-финансовый сектор, согласование документов)	Небольшой штат программистов не способен реализовать информационную систему высокого уровня с необходимым функционалом в короткие сроки с постоянно изменяющимися внешними условиями, постоянной поддержкой продукта и его доработкой. Целесообразнее использовать готовое решение и дорабатывать его по мере выхода обновлений от производителя
Использование методологии Agile при разработке	Из-за основного производства возможно изменение бизнес-процессов в процессе разработки приложения, данный факт приводит к изменению ТЗ
Отделение бизнес логики приложения от используемого программного обеспечения	Позволяет упростить администрирование серверов, их масштабирование за счёт сосредоточения логики приложения в одном месте (пул приложения)
Использование разных форматов передачи данных	Упрощение реализации шин данных. Реализация выгрузки данных из различных приложений осуществляется разными способами в силу особенностей реализации не позволяя извлекать данные в нужной структуре.

Для систем оперативного планирования производства, материально технического обеспечения и технологической подготовки производства, реализованы механизмы оперативного реагирования и исполнения документов, используемых для изменения уже сформированных планов. К таким документам относятся внеплановые задания, акты о браке и производственные служебные записки [132].

Разработанную систему диспетчеризации производства, можно разделить на 3 основных компонента:

- обработка и доведение планов, допланировок и приказов до участков производственных цехов;
- написание приказов и служебных записок;
- участковые планы.

Кроме того данная система имеет глубокую интеграцию с системой складского учета предприятия. Например, для серийно изготавливаемых узловых станций спутниковой связи, среднее количество наименований ДСЕ 7000 штук, общим количеством 100 – 110 тысяч штук, 2000 - 3000 наименований покупных комплектующих изделий и 2000 - 3000 наименований материалов с уровнем вхождения ДСЕ 15 и периодом изготовления 9 месяцев. Для данных изделий отработана технология изготовления и присутствует вся необходимая информация для планирования.

Работа информационной системы написание приказов и служебных записок проиллюстрирована на рисунках 4.1–4.3, где раскрыты формирование и обработка служебных записок, заполнение производственного заказа из справочника.

Инженер-конструктор формирует служебную записку (рисунок 4.1): определяет срочность выполнения и номер заказа, указывает причину и примечание, формирует список получателей. По умолчанию в систему вносится руководитель сектора, но инженер-конструктор может указать, при необходимости, иного руководителя. Также вносятся позиции, прикрепляются материалы, покупные изделия, а также чертежи.

МР документа 1450 ☒ Срочно

Дата документа 28.11.2013 14:09:53

Причина Проект: рассчитать и изготовить для станции 3-433-02 из расчета на 1 электроп. ДЗБ заказано по ст. 443. 4430

Примечание

Начальник подразделения Родион Геннадий Михайлович

Руководители

- В.Г. Коннову
- А.Ю. Политову
- Л.П. Хадиковой
- М.В. Петриковой
- А.В. Стреху

Позиции

Тип	Вид	Позиция	Всего	Вкл. в	Удал.	Наименование	Чертеж
Д	УЭ	8636200	1	1	6434672	РАМКА	д. уэ. 8636200/Версия 1112.03.2014.rvt
Д	УЭ	8602332-65	1	1	6434672	ПАНКА	Обзор...
Б	УЭ	6434439	1	1	6434672	ОБРАМЛЕНИЕ	Обзор...
Д	УЭ	9314049	1	1	6431533		Обзор...
Д	УЭ	8669464	1	1	4127186		Обзор...
Д	УЭ	7852294-02	1	1	4127186	КРЫШКА	Обзор...
Д	УЭ	9240202	1	1	3620397-01	ОБЩИВКА	Обзор...
Д	УЭ	8803964	1	1	3620397-01		Обзор...
Д	УЭ	8188188	1	1	3620397-01		Обзор...
Д	УЭ	7750347-33	1	1	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обзор...
Д	УЭ	7750347-25	1	2	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обзор...
Д	УЭ	7750347-21	1	1	3620397-01		Обзор...
Д	УЭ	7750347-12	1	1	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обзор...
Б	УЭ	6434672	1	1	3620397-01		Обзор...
Б	УЭ	6431533	1	1	3620397-01		Обзор...
Б	УЭ	4127186	1	1	3620397-01		Обзор...
Б	УЭ	3620397-01	1	1		лист ввода Л407-ОД	Обзор...

Сводная таблица 1

Обозначение	Марка	Профиль	Размер	Сортанент	Масса	Заготовка
ЛИСТ	K27085-10КЛГ	ПН-О	2X1000X2000	AT-AW-AD-II 16523-97 19904-90	12,5	
ПРОВОЛОКА	СВ08Г2С-0		1,2	2246-70 2246-70	2	

Сводная таблица 2

Наименование	Обозначение	Шифр	Кол-во
6111112275	СП4-1А-0,5-1КОМ-А ОЖО.468.045ТУ	61111122790	2

Сохранить изменения
Создать на основании
Сформировать

Рисунок 4.1 – Заполнение формы служебной записки инженером-конструктором

При выполнении команды «Сформировать» инженер-конструктор получает печатную форму служебной записки (рисунок 4.2), которая передается на утверждение к Техническому директору. После выполнения процедуры утверждения инженер-плановик производственного отдела получает СЗ в форме *EditOfficial* (рисунок 4.3), где выбирается из товарного графика заказ, серия и комплекты, раскрываются входящие позиции из плановых сборочных чертежей. Также предусмотрена возможность просмотра КД.

Изделие: Р-444-ПТН
 Прибор/сборка: УЭ2092314 - МОДУЛЬ
 АНТЕННЫЙ ЛД100Н-А

Генеральному директору
 Р.Г. Галееву
 Зам. директора по
 производству
 А.Ю. Политову
 Начальнику ЭКО
 И.В. Петрикеевой
 Начальнику ОМТО
 С.Н. Машуровой

Служебная записка №А4808

Срочно!

Для восстановления антенного модуля ЛД100Н-А №ЛД0014(к.о. 45-1103),
 пришедшего из эксплуатации в цех 45 (гарантийный ремонт), просим допланировать,
 изготовить и выдать цеху 15/8:

Обозначение	Наименование	Узел	Кол.	Примечание
УЭ5282595-01	УСТРОЙСТВО СОЕДИНИТЕЛЬН ОЕ	УЭ 2092314	1	Учт.
УЭ5282667-01	УСТРОЙСТВО СОЕДИНИТЕЛЬН ОЕ	УЭ 5282595-01	1	Учт.
УЭ4852089-01 (*)	КАБЕЛЬ ПРМ	УЭ 5282667-01	1	Учт.
УЭ4852089-02 (*)	КАБЕЛЬ ПРД	УЭ 5282667-01	1	Учт.

ПОТРЕБНОСТЬ УКАЗАНА ИЗ РАСЧЁТА НА 1 ИЗДЕЛИЕ				
№	Материал	Потр.	Ед. изм.	Шт/Лист
1	ВЕТОШЬ ОБТИРОЧНАЯ 625 ОСТ63.46-84	0,039	КГ	
2	КАРТОН АСБЕСТОВЫЙ КАОН-I ЛИСТ 3Х1000Х1000 2850-95	0,026	КГ	
3	КАРТОН КОРОБОЧНЫЙ 0,9 7933-89	0,0006	КГ	
4	ЛИСТ АМГ6М 3*1200*3000 21631-76	0,013	КГ	
5	ПОДСЛОЙ П-11 ТУ38.303-04-06-90	0,02	КГ	
6	ПРОВОЛОКА ЛС59-1 ДКРНТ 4,5 1066-2015	0,0037	КГ	
7	ПРУТОК БРБ2 ДКРНТ 14 15835-70	0,0474	КГ	
8	ПРУТОК БРБ2 ДКРНТ 40 15835-70	0,051	КГ	
9	ПРУТОК БРБ2 ДКРНТ 5,0 15835-70	0,0038	КГ	
10	ПРУТОК В95Т1 КРУГ 70 21488-97 В	1,303	КГ	
11	ПРУТОК Д16Т КРУГ 40 21488-97 В	0,16	КГ	
12	ПРУТОК ЛС59-1 ДКРНП 10*3000ММ 2060-2006 ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ	0,032	КГ	
13	ПРУТОК ЛС59-1 ДКРНП 12*3000ММ 2060-2006 ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ	0,028	КГ	
14	ПРУТОК ЛС59-1 ДКРНП 14*3000ММ 2060-2006 ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ	0,051	КГ	
15	СТЕРЖЕНЬ Ф-4 1СОРТ 10 *400 ТУ6-05-810-88	0,002	КГ	
16	СПИРТ ЭТИЛОВЫЙ ГИДР. ВЫСШ.С ТЕХНИЧ РЕКТИФИКОВ. Р 55878-2013	0,05	Л	
17	КАБЕЛЬ SUCOFORM 141 FER ИМПОРТ	0,29	М	

Гарантийный ремонт

Начальник отдела (цеха) 1500 — Н.Н. Аликин (т. 22-04, 39-92, 38-35)
 Исполнитель — В.С. Туфкин (т. 23-51)

Рисунок 4.2 – Прикрепленная служебная записка

С использованием такой формы инженеру по подготовке производства достаточно легко определить позиции, для которых недостаточно основного материала, а также нет предварительного технологического маршрута, из-за чего невозможно выпустить производственный приказ. С помощью команды «Создать на основании» создается производственный приказ и приказ на выдачу

с данными из служебной записки, и на их основании корректируется производственный план.

Тип № Приказа **Дата**

№ документа: A4008
 Дата документа: 07.11.2018 8:04:54
 Изделие: Р-444-ПТН
 Прибор / узел: УЗ2092314 - МОДУЛЬ АНТЕННЫЙ ЛД100Н-А
 Причина: Для восстановления антенного модуля ЛД100Н-А УЗД0814(к.о. 45-1183), пришедшего из эксплуатации в цех 45 (гарантийный ремонт), просим запланировать, изготовить и выдать цеху 15/В:
 Примечание: Гарантийный ремонт
 начальник подразделения: Адукин Николай Николаевич

Срочно

Шифр внутр. работ:
 Виновник:
 Наим. Заказ Серия НК НК Изм. прот.

Страница 1 из 0 (0)

Наименование Обозначение Кол-во

Перенести крепеж в приказ на выдачу

Позиции

Страница 1 из 1 (36) Перейти к странице Размер страницы: 30

Тип	Изм.	Позиция	Заказ	Кол-во	Остаток	План	Узел	Наименование	Заказ	Чертеж	Примечание
Б	УЗ	5282595-01	200037	1	0	6	УЗ 2092314	УСТРОЙСТВО СОЕДИНИТЕЛЬНОЕ			
Б	УЗ	5282667-01	200037	1	0	6	УЗ 5282595-01	УСТРОЙСТВО СОЕДИНИТЕЛЬНОЕ			
Д	УЗ	8170136-01	200037	1	2	6	УЗ 5282595-01	КОРПУС			
Д	УЗ	8247128	200114	1	3	19	УЗ 5282595-01	КОЛЬЦО			
Д	УЗ	8935334	200114	1	2	16	УЗ 5282595-01	ГАЙКА			
Б	УЗ	4852089-01	200037	1	0	6	УЗ 5282667-01	КАБЕЛЬ ПРМ			
Б	УЗ	4852089-02	200037	1	0	6	УЗ 5282667-01	КАБЕЛЬ ПРД			
Д	УЗ	7733205	200114	1	0	48	УЗ 5282667-01	КОНТАКТ			
Д	УЗ	7746164-01	200114	1	3	15	УЗ 5282667-01	ГНЕЗДО			
Д	УЗ	7860887-01	200114	2	21	112	УЗ 5282667-01	ВТУЛКА			
Д	УЗ	8170134	200114	1	11	48	УЗ 5282667-01	КОРПУС			
Д	УЗ	8170135	200114	1	13	48	УЗ 5282667-01	КОРПУС			
Д	УЗ	8210633	200114	2	30	96	УЗ 5282667-01	ЦИЛИНДР			
Д	УЗ	8228143	200114	2	20	96	УЗ 5282667-01	ВТУЛКА			
Д	УЗ	8260281-03	200114	1	4	23	УЗ 5282667-01	ДИСК			
Д	УЗ	8930598	200114	2	20	96	УЗ 5282667-01	ГАЙКА			

Страница 1 из 1 (3)

Служебная по брелку / акту списания

Приказ Создать на основании

Сохранить изменения

Обозначение Марка Профиль Размер Сортамент Масса Заготовка На освоение

ВЕТОШЬ ОБТИРОЧНАЯ 625 ОСТ63.46-84 2080-2006 ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

ПРУТОК ЛС59-1 ДКРНП 12*3000MM

Рисунок 4.3 – Вид служебной записки для работников ПДО

Такой подход позволяет снизить вероятность ошибки ввода информации и уменьшить трудоемкость обработки служебных записок. Также в разработанной автоматизированной системе предусмотрена возможность просмотра прикрепленной к служебной записки КД. Например, при активации соответствующей ссылки открывается прикрепленный к СЗ файл спецификации или чертежа.

Таким образом, использование функционала автоматизированной системы в рамках производственного планирования позволит существенно снизить трудоемкость выполнения задач, связанных с формированием конструкторской, технологической и производственной документации. Сокращение времени обработки документации и формирования задания на производство изделия достига-

ется за счет устранения дублирующих информационных процессов и использования общего информационного хранилища между взаимодействующими структурными подразделениями. Кроме того, использование разработанной автоматизированной системы способствует снижению выпуска бракованной продукции за счет введения более совершенной системы учета изменений, вносимых в КД.

В качестве основы для работы системы диспетчеризации производства выступает номенклатурный план производства, полученный из системы АСУП предприятия. Содержимое плана включает перечень всех деталей и сборок планируемого изделия, цеховой маршрут изготовления каждой ДСЕ и ее трудоемкость. Номенклатурный план формируется на заданный период времени (как правило, это квартал) на основании годового плана с разбивкой по срокам изготовления, их может быть до четырех. Сроки выпуска каждой ДСЕ определяются в зависимости от трудоемкости ее изготовления и уровня ее вхождения в изделие.

План для последующей обработки спускается в производственно-диспетчерские бюро (ПДБ) цехов, в которых определяются, участки изготовления ДСЕ и производится перенос информации о состоянии ДСЕ, находящихся в работе, в новый участковый план. Для изделий рассмотренного типа работникам ПДО нужно только «провести» план (сделать его доступным для непосредственных исполнителей – мастеров цеха), что занимает не более 5 минут рабочего времени.

Мастера цехов работают с участковым планом (рисунок 4.4), в котором отображается вся необходимая информация для принятия решения об изготовлении конкретной ДСЕ. К такой информации относится: наличие материала, размер заготовки или наличие входящих деталей на складе, срок к которому должна быть изготовлена данная ДСЕ, количество по срокам и общее, трудоемкость изготовления ДСЕ, цех потребитель данной ДСЕ. Для срочных позиций предусмотрен специальный признак, который может быть автоматически выставлен на основании срочных приказов или в ручном режиме начальником цеха, или мастером участка. Данная информация представлена в виде электронной

таблицы с возможностью быстрого доступа к требуемым данным и для получения сопутствующих печатных форм, что значительно упрощает работу мастеров.

№	Заказ	Инд	Обозначение	Цех	Уч	Кол	О1	О2	О3	О4	Ост.	Ср	ФИО	С	По	Статус	Кал. дат.	Кому	Сд.	Дата	Приказы кол./номер	ТМ уч.
233001	Н		16*70*1500	3	02		0	2			2										2 ;539;	02
233001	Н		16*70*700	3	02		0	1			1										1 ;539;	02
233001	Н		16*700*1500	3	02		0	1			1										1 ;539;	02
203401	Б		Э4310-7482	3	02		0				0					Пристан.					0 ;258; 683;	15
203401	Д		Э4310-7507	3	02		0	1			1		Косоговор			В раб.	1				1 ;258;	14-02
203401	Д		Э4310-7509	3	02		0	1			1		Косоговор			Не оконча	1			22.04.13	1 ;258;	14-02
203401	Д		Э4310-7510	3	02		0	2			2		Косоговор			В раб.	2				2 ;258;	14-02
203401	Д		Э4310-7543	3	02		0				0									2 15.04.13	2 ;402;	45
203401	Д		Э4310-7584	3	02		0	1			1										1 ;402;	14-02
203401	Д		Э4310-7588	3	02		0				0									2 16.03.13	2 ;402;	14-02-45
203401	Д		Э4310-7569	3	02		0				0									1 15.04.13	1 ;402;	02-45
203401	Д		Э4310-7570	3	02		0				0									1 15.04.13	1 ;402;	02-45
203401	Д		Э4310-7571	3	02		0				0					Сдано				1 15.03.13	1 ;402;	14-02
203401	Д		Э4310-7576	3	02		0				0					Сдано				3 22.03.13	3 ;454;	14-02
203401	Д		Э4310-7580	3	02		0				0					Сдано				1 20.03.13	1 ;454;	14-02
203401	Д		Э4310-7581	3	02		0				0					Сдано				1 20.03.13	1 ;454;	14-02
203401	Д		Э4310-7582	3	02		0				0					Сдано				1 20.03.13	1 ;454;	14-02
203401	Б		Э4310-7583	3	02		0				0					Сдано				1 20.03.13	1 ;454;	02
203401	Б		Э4310-7606	3	02		0				0					Сдано				1 30.03.13	1 ;529;	02
203401	Д		Э4310-7607	3	02		0				0					Сдано				1 03.04.13	1 ;529;	14-02
203401	Д		Э4310-7608	3	02		0				0					Сдано				1 03.04.13	1 ;529;	14-02

Рисунок 4.4 – Участковый план

После принятия решения об изготовлении конкретной ДСЕ мастер цеха дает задание рабочему цеха. Если это первый цех по маршруту, то кроме производственного задания на основании технологической документации и плановой информации, формируется «сопроводительная карта» (рисунок 4.5, 4.6) на ДСЕ, которая сопровождает их по всему циклу изготовления. При выдаче рабочему необходимых материалов, заготовок или деталей в цеховой комплектации кладовщик, на основании данного задания и штрих-кода рабочего (содержится в пропуске), производит списание со склада и автоматически данным ДСЕ в участковом плане проставляется признак «в работе». Для сложного оборудования, такого как установка лазерного кроя, обрабатывающие центры и станки с ЧПУ предусмотрены дополнительные статусы, позволяющие определить на каком этапе изготовления находится ДСЕ.

Сопроводительная карта № 658870 ПЛАСТИНА

ТМ: 14-01

ТМ по пр.:

Приказы: 13529;

УЭ8612862	заказ	план	ост.	дата	контролер	мастер
	200020	36	2	07.11.2018		

Количество деталей: 0

Норма расхода: 0,01

СТАЛЬ ЛИСТ АТ-АШ-АД-ПН-О-2Х1000Х2000 ГОСТ19904-90/ К270В5-II-Г-10КП ГОСТ16523-97

ТМ/проф опер	наименование операции	ФИО рабочего	Количество/ дата	контроль	Мастер/ Подпись
	Описание операции по тех. процессу				
2/460 0040	ПРОФИЛЬНО-ВЫРЕЗНАЯ	Баскаков А.А.	2		
3/653 0080	СЛЕСАРНАЯ				
3/653 0080	СЛЕСАРНАЯ				
44/058 0100	ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ				
2-3-44-4					

Начальник ПДБ цеха Ильина О.В.

(фамилия, подпись, дата)

Распред.участка

07.11.2018

(@фамилия, подпись, дата)

АСУП

Страница 1/1

Рисунок 4.5 – Сопроводительная карта для деталей

СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ КАРТА № 6341 ТМ:02

Заказ № 200114 Кол-во 0 ТМ по пр.:

Цех Б УЭ6875129 Наименование ЯЩИК УКЛАДОЧНЫЙ Приказы:

Клей, компаунды, применяемые в процессе сборки(наименование)	План	Осталось сделать	Дата изготовления	Фамилия исполнителя	Подпись исполнителя	Фамилия мастера, подпись	Обозначение входящих материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий	Наименование входящих материалов, комплектующих изделий	Кол./сд.	Кол.	№ сопровод. документа
Сборка	71	20	20.05.2013								
ТМ/Проф	Наименование операции	ФИО рабочего	Количество	Дата	Контроль	Мастер/Подпись					
	Описание операции по техпроцессу										
03/176 0010	КОМПЛЕКТОВОЧНАЯ						ИСТ30152700452		2	0	
15/540 0020	РЕЦЕПТУРНАЯ						ИСТ32117600202		1	0	
03/653 0030	СЛЕСАРНО-СБОРОЧНАЯ						УЭ4406004		2	0	
44/265 0050	МАЛЯРНАЯ						УЭ6103099		1	0	
							УЭ6177112		1	0	
							УЭ8123060		4	0	
							УЭ8953019-02		20	0	
							УЭ9250332		2	0	
							УЭ9250444		1	0	

Рисунок 4.6 – Сопроводительная карта для сборочных единиц

После выполнения задания рабочим, мастером участка в автоматизированной системе формируется «наряд» (рисунок 4.7), который является основанием для коррекции оперативного учета и начисления заработной платы рабочих. Для облегчения последующей обработки «нарядов» на них печатается штрих-код, считывание которого на каждом этапе изготовления ДСЕ позволяет, автоматизи-

ровано проследить путь продвижения в производстве. Для мастеров, экономистов и начальников цехов предусмотрены сводные отчеты по объемам работ выполненных рабочими подразделения за требуемый период времени.

«Наряд» на выполнение конкретных операций вместе с ДСЕ идет в следующий по маршруту цех, в котором кладовщик делает отметку о получении. Кроме того, «наряд» проходит ПДБ цеха, в котором все проходящие наряды сканируются для контроля прохождения и ускорения обработки следующих участковых планов. После обработки в ПДБ «наряды» передаются в АСУП.

14-01		2; 1946; 2553; 409; 483; 582; 983; 1353; 1509; 1509						Тип Н.Н.	
Задание №		Баскаков А.А.						на 6	
По серии		(фамилия рабочего)						ШТ.	
Исполнить до		Цех		Принято ОТК	Таб. № рабочего	Код мастера	Перед. в цех	Номер листа	
Выдано заготовок		6		2	99914	14	3		
Оп. уч.	Пр.	Обозначение чертежа		Выполн. опер.		Доплата	План	Шифр анал. работ	
1	Д	УЗ 8663004		пр. (с)	пр. (по)	В.О. %	цеха		
Плановик ПДБ				20	40	06			
Мастер								Штамп ОТК	
Дата		07.11.18							
				Сдал				Штамп цеха	
				Принял					

Накладная		2; 1946; 2553; 409; 483; 582; 983; 13	
0,022	Баскаков А.А.	14	
к заданию	Заказ	200114	
Сдано в цех	УЗ 8663004	3	
чертеж	6	УЗ 8663004	
Штамп ОТК	0,132	6	
н-часы	сумма	0,132 5,24	
07.11.18		Штамп ОТК	
сдал	дата	подпись	
сдал	дата	подпись	
Штамп цеха		Мастер	
		Норк	

Рисунок 4.7 – Наряд на выполнение работ

Кроме плановых позиций для опытного производства характерно большое количество внеплановых заданий, служебных записок в дополнение и изменение плана, и отсутствие необходимой информации для запуска ДСЕ в производство. Данная проблема решается в модуле «Написание приказов» пример сформированного приказа на изменение плана приведен на рисунке 4.8. В этом модуле работники ПДО на основании входящих документов формируют производственные приказы, в которых указывается вся необходимая для изготовления ДСЕ информация, такая как маршрут изготовления и необходимые материалы. Для ДСЕ, информация на которые присутствует в информационной системе предприятия реквизиты заполняются автоматически. Для новых ДСЕ эти реквизиты заполняются на основании данных отдела главного технолога (ОГТ). Приказы могут быть как на увеличение, так и на уменьшение плана, а также на изменение технологии производства. Кроме того, в рамках работы производственного плана возможны допланировки (запуск в производство новых заказов в период дей-

ствия текущего плана). Допланировки и приказы также проходят через ПДБ, работники которого в свою очередь спускает их до участков цеха.

"Утвердил"

Форма НКП ОВ(о)

ПРИКАЗ №2582									
на изменение планового задания. Цех №15 Участок 0									
с/з 1622									
Чертеж детали	Изменение плановых показателей				Дополн. включ. в товар	Изменение маршрута	Примечание		
	сер 41	сер 42	сер 43						
14									
200114 УЭ 5750078-07	Было	18	310	121	46		42 210431 16		
	Стало	18	356	121					
200114 УЭ 7759046-31	Было	33	1060	178	92				
	Стало	33	1152	178					
200114 УЭ 7860740	Было	33	1060	178	92		42 211031 60		
	Стало	33	1152	178					

Количество позиций 3

Рисунок 4.8 –Приказ на изменение плана

На рисунке 4.9 приведено рабочее место кладовщика цеховой комплектации, а именно страница ввода заданий.

Регистрация	Главное меню	Регистр документов	Картотека	Камп. карты	Приказы	Выполнение задания	Поиск свободных мест
-------------	--------------	--------------------	-----------	-------------	---------	--------------------	----------------------

Номер шкафа

☐ Сгруппировать несколько заказов

Рисунок 4.9 – Форма ввода заданий

Пользователь выбирает номер устройства (АСК) и с помощью сканера штрих-кодов производит ввод в текстовое поле номера задания на комплектацию с документа, образец которого представлен на рисунке 4.10.



Б УЭ 2030722

Заказ: 208729 Серия: 46 кол. компл: 2

Выданные позиции				Дефицит по сборке				07.11.2018	
Место	Шифр	Обозначение	Кол	chz	Обозначение	Деф	Ост		
4-33-51/	200026	Н СКИД757466001-18	2	200029Б УЭ	4852241	4	0		
		02		200029Б УЭ	4852242	2	0		
7-1-29/	200114	Д УЭ 7841926	2	200029Б УЭ	4852244	2	0		
7-2-27/	200114	Д УЭ 7723110-14	4	200029Б УЭ	4852305	2	0		
7-8-56/	200029	Д УЭ 8121046-05	4						
7-10-22/	200114	Д УЭ 8684134-09	2						
7-10-54/	200114	Д УЭ 8632857	4						
7-19-0/	200029	Д УЭ 8188105	2						
7-20-42/	200029	Д УЭ 8142390-01	2						
7-20-59/1	200029	Д УЭ 8142390	4						
7-28-15/	200114	Д УЭ 8228005	2						
7-37-1/	200029	Д УЭ 8121046	22						
7-37-2/	200114	Д УЭ 8121046-04	2						
7-37-41/	200029	Д УЭ 8121047	4						

07.11.2018

Страница 1 из 1

Рисунок 4.10 – Задание на комплектацию

Предусмотрена возможность объединения нескольких заданий, если они содержат одинаковые комплектовочные единицы. Пример группировки приведен ниже на рисунке 4.11.

Номер шкафа

☒ Сгруппировать несколько заказов

	№ шкафа	Номер задания
Удалить	3	100
Удалить	3	101

Рисунок 4.11 – Группировка заданий

После запуска задания на выполнение, происходит перенаправление пользователя на страницу, содержащую детальную информацию о задании. Содержание этой страницы приведено на рисунке 4.12. Для удобства оператора осуществляется выделение цветом строк в зависимости от статуса записи об артикуле. При вводе очередного номера, соответствующая ему строка окрашивается зеленым цветом, а следующая – желтым, показывая с каким артикулом, происходит работа, а с каким – завершена.

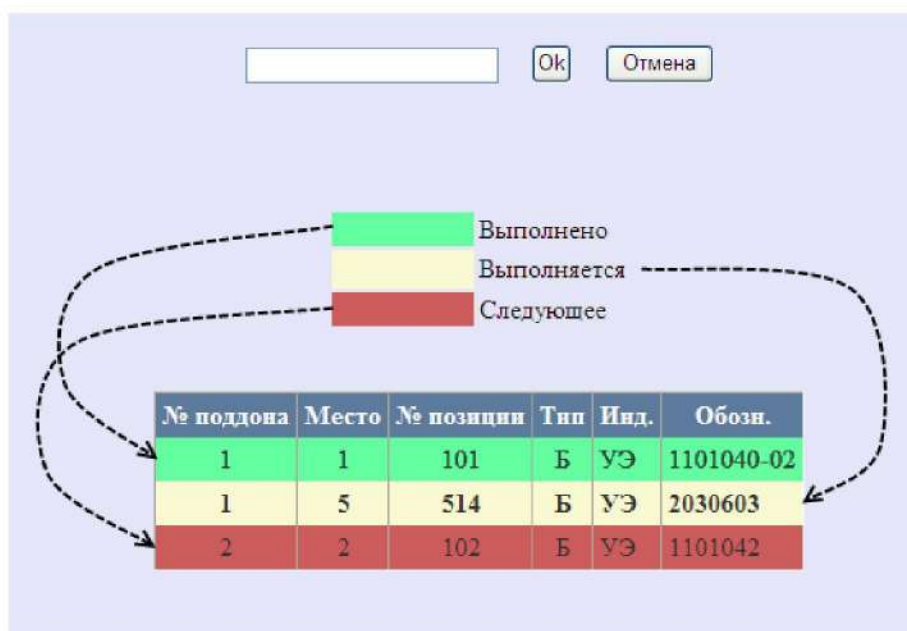


Рисунок 4.12 – отображение детальной информации о задании

С помощью сканера штрих-кодов оператор вводит номер текущего артикула, тем самым подтверждая окончание работы с ним и необходимость получения следующего из очереди заданий. Этикетка артикула приведена на рисунке 4.13.



Рисунок 4.13 – пример этикетки артикула

Предусмотрена возможность отмены задания во время его выполнения. При нажатии кнопки «Отмена» происходит сброс флага статуса у задания, экс-трактор возвращает на место поддон, находящийся в окне выдачи, а пользова-тель перенаправляется на предыдущую форму – ввода номера задания. Для во-зобновления выполнения задания требуется ввести его номер сканером штрих-кодов или используя клавиатуру. Выполнение начнется с той записи, на которой оно было прервано – сохраняется состояние этапов выполнения задания.

Разработанная система внедрена в 2016 году в промышленную эксплуатацию в заготовительном, механообрабатывающем механосборочном производстве АО «НПП «Радиосвязь». С данной системой работают 180 пользователей: 59 мастеров, 5 операторов станков с ЧПУ, 34 инженера по подготовке производства ПДБ, 7 инженеров ПДО, 15 начальников цехов и отделов, 63 конструктора. В сборочном производстве система диспетчирования производства внедрена в 2017 году.

4.2 Оценка эффективности разработанной системы диспетчирования позаказного радиоэлектронного производства

Обеспечено достижение цели диссертационного исследования – повышение эффективности принятия управленческих решений. На рисунке 4.14 представлена экранная форма контроля выполнения производственного плана по заказам и цехам основного производства, позволяющая анализировать состояние производственных заказов в разрезе трудоемкости изготовления.

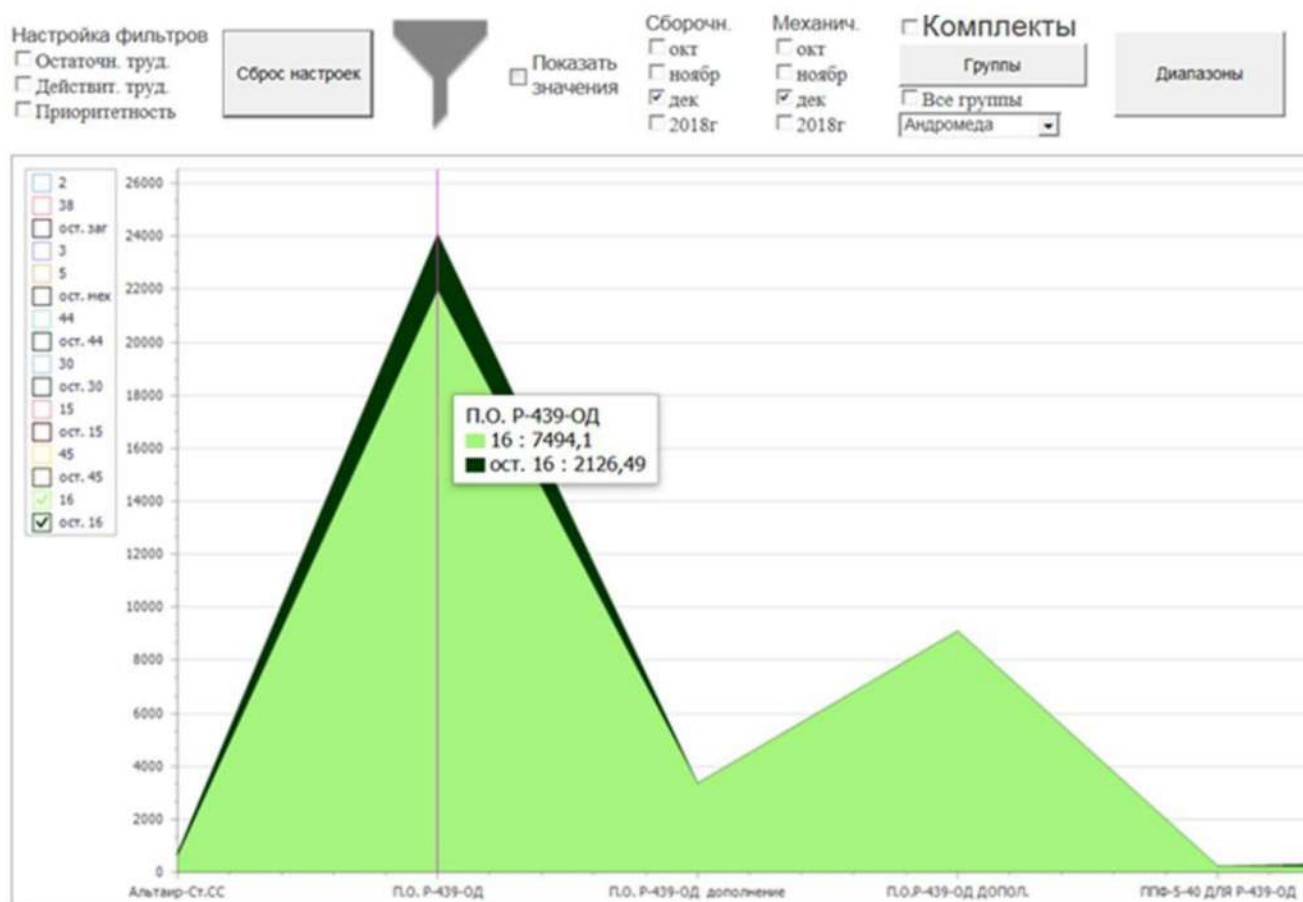


Рисунок 4.14 – Контроль выполнения производственного плана в разрезе заказов и цехов основного производства

Для анализа эффективности внедрения системы диспетчирования радиоэлектронного производства на АО «НПП «Радиосвязь» в качестве ключевых характеристик были использованы: количество изготовленных ДСЕ, в том числе по производственным приказам, и количество сотрудников предприятия, занимающихся непосредственно изготовлением продукции, и инженерно технического персонала, занимающегося сопровождением производства.

В таблице 4.2 и на рисунке 4.15 приведена статистика изготовления как плановых ДСЕ так и опытных ДСЕ, изготавливаемых по производственным приказам.

Таблица 4.2 – Показатели эффективности АО «НПП «Радиосвязь»

		2015	2016	2017	Соотношение 2015/2017
Основные рабочие	всего	1049	1251	1299	23,83%
	% изм.		19,26	3,84	
ИТР, специалисты, руководство	всего	632	654	664	5,06%
	% изм.		3,48	1,53	
Среднесписочная численность	всего	1781	2166	2217	24,48%
	% изм.		21,62	2,35	
Плановых ДСЕ	всего	1 612 418	2 900 069	2 998 891	85,99%
	% изм.		79,86	3,41	
ДСЕ по приказам	всего	207 264	360 092	395 452	90,80%
	% изм.		73,74	9,82	
Изготовлено ДСЕ	всего	1 819 682	3 260 161	3 394 343	86,53%
	% изм.		79,16	4,12	
Изготовлено одним рабочим	всего	1 735	2 606	2 613	50,64%
	% изм.		50,23	0,27	
Изготовлено на одного сотрудника	всего	1 022	1 505	1 531	49,85%
	% изм.		47,32	1,72	

Данные графики показывают, что при значительном приросте изготовленных ДСЕ (86,53%) произошел незначительный прирост численности ИТР (5,06%), позволивший увеличить выработку ДСЕ на одного рабочего на 50,64%,

и на одного сотрудника предприятия на 49,85%. Это стало возможно благодаря внедрению разработанной и внедренной в промышленную эксплуатацию системы диспетчирования позаказного производства.

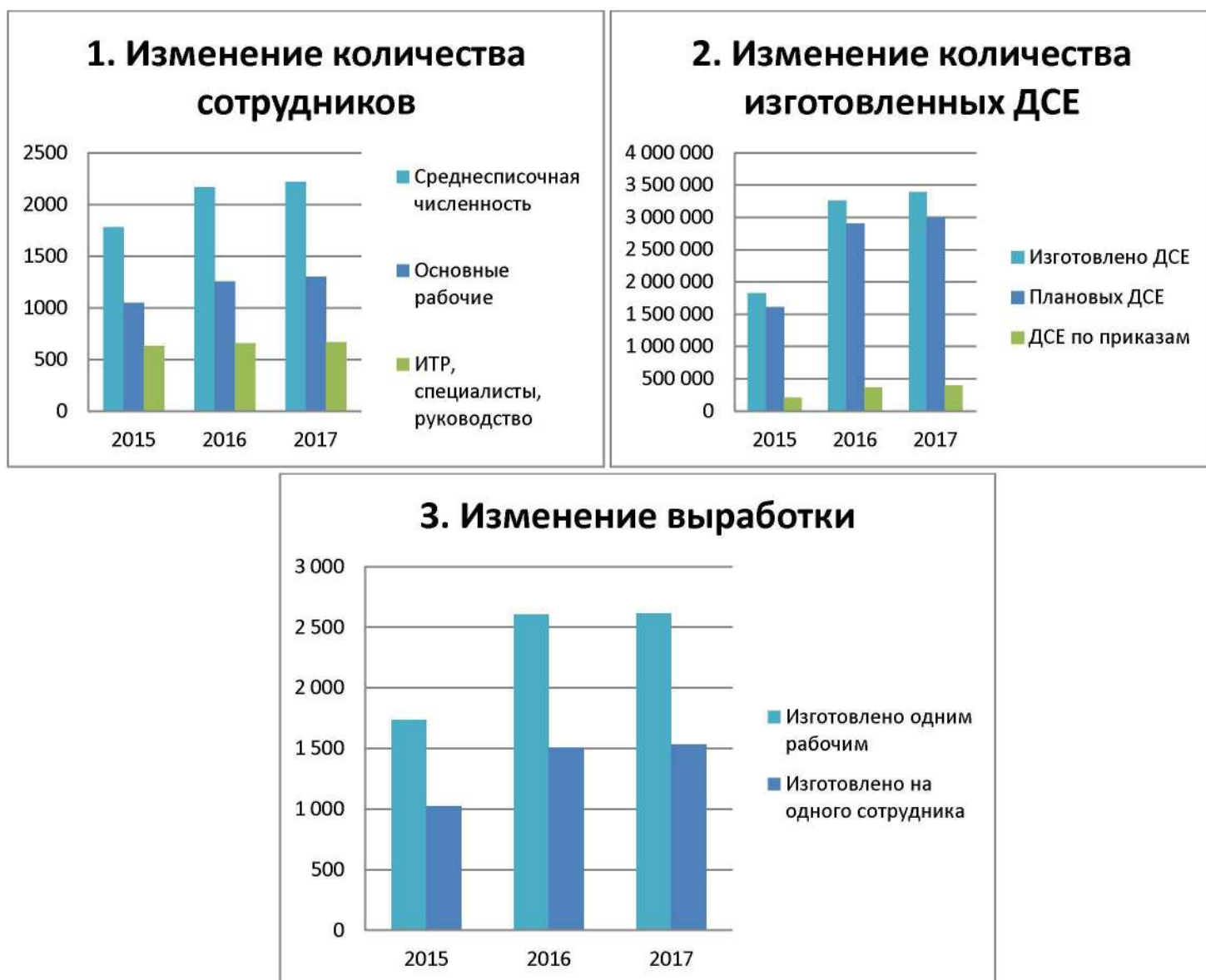


Рисунок 4.15 – Динамика изменения количества сотрудников, изготовления ДСЕ и выработки на АО «НПП «Радиосвязь»

Проведенный расчет технико-экономических показателей, показывает повышение эффективности при использовании системы диспетчирования производства.

4.3 Выводы по главе 4

1. Разработана система диспетчирования позаказного производства работающего в условиях постоянно изменяющихся производственных планов в радиоэлектронном производстве, позволяющая оперативно доводить плановую информацию до исполнителя и оперативно формировать сопроводительную документацию. Данная система имеет широкую интеграцию с существующим единым информационным пространством и повышает эффективность принятия управленческих решений на этапах изготовления продукции.

2. Приведенный анализ показывает повышение эффективности работы АСУП при внедрении в нее системы диспетчирования позаказного производства по сравнению с ранее существовавшими решениями.

Заключение

В ходе выполнения работы получены следующие научные и практические результаты:

1. Проведено исследование существующих концепций и систем автоматизации производства. Выявлены ключевые функции системы диспетчирования позаказного производства. Определена специфика позаказного производства связанная с изменением конструкторской документации в процессе изготовления и описаны проблемы его информационного сопровождения в радиоэлектронной промышленности.

2. Предложена модель организационно-технической системы управления позаказным производством, работающего в условиях постоянно изменяющегося производственного планирования.

3. На основе предложенной модели разработана архитектура системы диспетчирования производства, обеспечивающая ключевые функции системы и позволяющая осуществлять подготовку и сопровождение сложного радиоэлектронного производства. Разработана функциональная модель изготовления ДСЕ при позаказном производстве. Разработана реляционная модель базы данных для системы диспетчирования мелкосерийного, позаказного радиоэлектронного производства.

4. Разработан метод, обеспечивающий интеграцию разработанной системы диспетчирования позаказного производства с системами планирования производства, складского учета и конструкторско-технологического сопровождения производства.

5. Разработано программное обеспечение системы диспетчирования радиоэлектронного производства на этапах заготовительного, механосборочного и механообрабатывающего производства. Проведена интеграция разработанной системы диспетчирования производства с существующими системами АСУП.

6. Результаты исследования и созданное на его основе программное обеспечение диспетчирования радиоэлектронного производства внедрено, что под-

тверждается актом внедрения, и используется службами КБ, главного технолога и всеми подразделениями заместителя генерального директора по производству АО «НПП «Радиосвязь».

Список использованных источников

1. Загидуллин Р. Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP / Р. Р. Загидуллин // Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.
2. Бермудес Дж. Системы оптимизированного производственного планирования: новая причуда или прорыв в области управления производством и цепочками поставок?// Производственный обзор. AMR Research.
3. Васин С. А., Пушкин А.Н., Иноземцев А.Н. Выбор оптимального решения при проектировании межцеховых технологических маршрутов // М.: СТИН. — 2002. — № 10. — С. 3-6.
4. Бонакер С. Система автоматизированного управления ГОЛЬФСТРИМ в фокусе — производство// Корпоративный журнал АСКОН, Стремление №3(10) Сентябрь 2012, с 28-33.
5. Управление производственным предприятием // <http://v8.1c.ru/enterprise/>
6. Ашманов С.А. Математические модели и методы в экономике. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Экономическая кибернетика». Москва: Издательство Московского университета, 1980.
7. Ашманов С.А. Линейное программирование. Учебное пособие для студентов вузов обучающихся по специальности «Прикладная математики». Москва: Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1981
8. Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология // 2-е изд., стер. — М.: Наука, 1988. — 208 с.
9. Горшков А.Ф., Соломенцев Ю.М. Применимость реберных замещений в классе комбинаторных задач на графах. Труды ДАН. - 1994, том 337. №2.-С.151-153.
10. Данциг Дж. Б. Линейное программирование, его применения и обобщения. - М.: Прогресс. -1966. - 600 с.

11. Канторович Л.В. Математические методы организации и планирования производства. - Л.: ЛГУ. - 1939. - 68 с.
12. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. - М.: Мир. -1978.-432 с.
13. Мухачева Э.А., Балезина О.Г., Ахмадеев Н.Х. Алгоритм решения задачи выбора установочных баз и особенности его реализации на ЭВМ. Труды УАИ, вып. 41, - Уфа, - 1973.
14. Мухачева Э.А., Рубинштейн Г.Ш. Математическое программирование. - 2-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск, Наука, 1987, - 274 с.
15. Свами М., Тхуласирамаи К. Графы, сети, алгоритмы. - М.: Мир. - 1984.-434 с.
16. Филлипс Д. Методы анализа сетей [Текст] / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас; пер. с англ. — М.: Мир, 1984. — 496 с.
17. Джонсон С.М. Оптимальные двух- и трехоперационные календарные планы производства с учетом подготовительно-заключительного времени. - В кн.: Календарное планирование/ Пер. с англ. Под ред. В.В. Головинского - М.: Прогресс, 1966,466 с. - С. 33-41.
18. Конвей Р.В., Максвелл В.Л., Миллер Л.В. Теория расписаний / Пер. с англ. - М.: Наука, 1975. - 359 с.
19. Севастьянов С.В. Геометрические методы и эффективные алгоритмы в теории расписаний. Автореф. диссертации на соискание степени д.ф.- М.Н. , - Новосибирск: Институт Соболева РАН - 2000. - 37 с.
20. Севастьянов С.В. Эффективное построение расписаний, близких к оптимальным, для случая произвольных и альтернативных маршрутов деталей //Докл. АН СССР. - 1984. - Т.276. - №1. - С.46 – 48.
21. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, - 1969. - 358 с.
22. Блехерман М.Х., Грачев Л.Н., Марголин М.Д., Чистяков В.М. Минимизация времени переналадок в системе оперативно-производственного пла-

нирования для автоматизированных участков из станков с ЧПУ. - Оборудование с числовым программным управлением. - М.: НИИмаш, вып. 4, 1978, с. 11-14.

23. Блехерман М.Х. Гибкие производственные системы : (Организационно-экономические аспекты). - М.: Экономика, 1988. - 221 с.

24. Загидуллин Р.Р., Кульга К.С. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Учебное пособие.-Уфа: УГАТУ.- 1999. - 102 с.

25. Загидуллин Р.Р. Вопросы синтеза математических моделей оперативно-календарного планирования. М.: Технология машиностроения. - 2006. - №1.-С.76-78.

26. Загидуллин Р.Р. К вопросу учета складских мощностей в оперативно-календарном планировании. Оптимизация и управление процессом резания, мехатронные станочные системы. Сборник трудов международной НТК. - Уфа: РИО БашГУ, - 2004. - С. 196 - 201.

27. Загидуллин Р.Р. Многокритериальные методы оптимизации межцеховых расписаний работы оборудования автоматизированных систем. В кн. Актуальные проблемы конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства. Сборник материалов международной конференции, - Волгоград: 2003 г. - С.219 - 222.

28. Загидуллин Р.Р., Зориктуев В.Ц. Требования к системам оперативно-календарного планирования в составе систем управления предприятиями класса ERP. В кн. Татищевские чтения. Информационные системы и технологии в управлении и организации производства. Материалы международной научной конференции. - Тольятти: 2004, с.310 - 313.

29. Загидуллин Р.Р. Оперативно-календарное планирование в гибких производственных системах /Под. ред. В.Ц. Зориктуева. - М.: Изд-во МАИ, 2004.-208 с.

30. Загидуллин Р.Р. Математическая модель оперативно-календарного планирования для единичного производства. - М.: Технология машиностроения, № 3. - 2005. - С. 73 - 76.

31. Ильясов Б.Г., Исмагилова Л.А., Валеева Р.Г. Моделирование производственно-рыночных систем. - Уфа: УГАТУ. - 1995. - 321 с.
32. Кузин Б.И., Дуболазов В.А. Организация и оперативно-календарное планирование машиностроительного производства в АСУ П. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. - 240 с.
33. Левин В.И. Структурно-логические методы исследования сложных систем с применением ЭВМ. - М.: Наука. -1987. - 304 с.
34. Митрофанов В.Г. Математическое моделирование задач машиностроения. - М.: СТИН, X» 9,2000. - С. 9 - 11.
35. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. - М.: Наука, - 1975, - 616 с.
36. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. -1986. - 616 с.
37. Речкалов А.В. Построение автоматизированных информационно-управляющих систем предприятий на основе метода структурной декомпозиции (на примере машиностроительных предприятий). Дисс. на соиск. ученой степени д.т.н. по специальности 05.13.06. - Уфа: УГАТУ. - 2001. - 272 с.
38. Сатановский Р.Л. Организация и планирование внутризаводской специализации. - Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), - 1974. - 184 с.
39. Соломенцев Ю.М. Концепция, стратегия и технологии CALS. - М.: Мехатроника, автоматизация и управление, № 4, - 2002. - С.4-5.
40. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г., Протопопов С.П. и др. Адаптивное управление технологическими процессами. - М.: Машиностроение, - 1980,-536 с.
41. Соломенцев Ю.М., Сосонкин В.Л. Управление гибкими производственными системами. - М.: Машиностроение, - 1988, - 352с.
42. Султан-заде Н.М., Загидуллин Р.Р. Повышение производительности ГПС путем оптимизации расписаний// - М.: СТИН, - 1996 - №12.- С. 9-13.
43. Фролов Е.Б. Минимизация материальных и трудовых затрат в условиях мелкосерийных и единичных механообрабатывающих производств путем

создания интегрированной системы оперативного управления. Дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук (05.13.07). - М.: МОССТАНКИН.-1993.-316С.

44. Фролов Е.Б. Интегрированная система технологической подготовки производства, оперативно-календарного планирования и диспетчерского контроля. - М.: САПР и графика, № 9, - 2001. - С.23.

45. Фролов Е.Б. Производственные исполнительные системы MES: реальная эффективность. - М.: Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2005. - №5. - С.48 - 50.

46. Чудаков А.Д., Фалевич Б.Я. Автоматизированное оперативно-календарное планирование в гибких комплексах механообработки. - М.: Машиностроение, - 1986, - 224 с.

47. Чудаков А.Д., Фалевич Б.Я., Герштейн О.Б. Система автоматизированного планирования для гибких технологических комплексов из станков с ЧПУ. - Технология автомобилестроения. - М.: НИИНавтопром, - 1983, №7,с.16-22.

48. Чудаков А.Д., Висо Леандр Матиас. Моделирование движения грузоединиц в многономенклатурном производстве. - М.: СТИН, № 3, - 2003. - С. 3-6.

49. Кульга К. С. Автоматизация технической подготовки и управления производством на основе PLM-системы. М.: Машиностроение, 2008. 265с.

50. Кульга К. С. Особенности внедрения на предприятиях и методы интеграции CAD/CAM/PDM/FRP/MRP/MES/PLM и ERP-систем// САПР и графика. 2008. № 3. С. 91-94.

51. Кульга К. С. Автоматизация технической подготовки и управления производством на основе PLM-системы//Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2009. Т. 13. № 2. С. 51-60.

52. Keller E. L. Enterprise Resource Planning. The changing application model // Gartner Group. Feb. 5. 1996. White paper. P. 8.

53. Parry G, Graves A. P. Build To Order: The Road to the 5-Day Car // Springer Science & Business Media, 2008, 438 с.

54. Полякова М. Дискретное производство в России //Директор информационной службы. -2008. -Вып. 2. - URL: <http://www.osp.ru/cio/2008/02/4826054/> (дата обращения: 13.10.2018).
55. Концепция разработки, внедрения и развития системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники утверждена в сентябре 2013 года Военно-промышленной комиссией при Правительстве Российской Федерации.
56. Тарасов А. П. Система информационной поддержки жизненного цикла вооружения и военной техники. Вопросы стандартизации. // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2006. № 4. С. 26-29.
57. РС Р 50. 1. 027-2001 - Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Автоматизированный обмен технической информацией. Основные положения и общие требования
58. РС Р 50. 1. 028-2001 - Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования
59. РС Р 50. 1. 029-2001 - Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные руководства. Общие требования
60. РС Р 50. 1. 030-2001 - Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Логическая структура базы данных
61. РС Р 50. 1. 031-2001 - Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 1. Стадии жизненного цикла продукции
62. РС Р 50. 1. 032-2001 - Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Терминологический словарь. Часть 2. Применение стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303
63. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий.

64. ГОСТ Р 53392-2009 - Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения
65. ГОСТ Р 53393-2009 - Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения
66. ГОСТ Р 53394-2009 - Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения
67. ГОСТ Р 54087-2010 - Интегрированная логистическая поддержка. Контроль качества и приемка электронной эксплуатационной и ремонтной документации. Основные положения
68. ГОСТ Р 54088-2010 - Интегрированная логистическая поддержка. Интерактивные электронные эксплуатационные и ремонтные документы. Основные положения и общие требования
69. ГОСТ Р 54089-2010 - Интегрированная логистическая поддержка. Электронное дело изделия. Основные положения
70. ГОСТ Р 54090-2010 - Интегрированная логистическая поддержка. Перечни и каталоги предметов поставки. Основные положения и общие требования
71. ГОСТ Р 55929-2013 - ИЛП ЭПВН. Интегрированная логистическая поддержка и послепродажное обслуживание. Общие положения
72. ГОСТ Р 55933-2013 - ИЛП ЭПВН. План интегрированной логистической поддержки. Общие требования
73. ГОСТ Р 55931-2013 - ИЛП ЭПВН. Стоимость жизненного цикла ПВН. Основные положения
74. ГОСТ Р 55932-2013 - ИЛП ЭПВН. Эксплуатационная и ремонтная документация. Требования к поставке и внесению изменений
75. ГОСТ Р 51725.3-2009 Порядок идентификации продукции
76. ГОСТ Р 51725.4-2002 Стандартные форматы описания предметов снабжения. Правила разработки, ведения и применения
77. ГОСТ Р 51725.10-2009 Порядок каталогизации продукции по требованиям контрактов и договоров на поставку (закупку) продукции

78. Р 50.5.005-2001 Федеральные номенклатурные номера предметов снабжения. Правила присвоения
79. Р 50.5.006-2001 Единый кодификатор и перечень утвержденных наименований предметов снабжения. Порядок ведения и применения
80. Р 50.5.007-2001 Перечень утвержденных наименований предметов снабжения
81. ГОСТ Р 51725.6-2002 Сети телекоммуникационные и базы данных. Требования информационной безопасности
82. ГОСТ РВ 0044-009-2007 Межмашинный обмен информацией. Общие требования.
83. ГОСТ РВ 0044-010-2008 Справочники. Требования к составу, содержанию, оформлению, разработке, ведению и использованию
84. ГОСТ РВ 0044-011-2008 Автоматизированное формирование документов. Требования к подготовке исходных данных
85. ГОСТ РВ 15.004-2004 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Стадии жизненного цикла изделий и материалов
86. Крысенков Д. Инновационные решения для машиностроения на платформе V6 от DASSAULT SYSTEMES // САПР и графика. 2011. № 5 (175). С. 10-15.
87. Нагайцев М.В. Перспективы реорганизации НИИ для реализации стратегии развития отрасли // Журнал автомобильных инженеров. 2012. № 72. С. 4-7.
88. Филинских А.Д. Анализ состояния систем управления проектами на российских предприятиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 162-167.
89. Трохалин И. Сквозная 3D-технология АСКОН: решение для ОПК, крупного бизнеса и масштабных проектов // САПР и графика. 2014. № 9 (215). С. 40-43.

90. Черныш А.В., Испытание на прочность: пилотное внедрение ГОЛЬФСТРИМ на ОАО «Муромский завод радиоизмерительных приборов»// Корпоративный журнал АСКОН, Стремление №3(10) Сентябрь 2012, с 38-41.
91. Мошкина Е. А. Сквозная 3D-технология АСКОН / Е. А. Мошкина // Стремление. – 2013. – № 3. – С. 47–49.
92. Каналин И.Ю. Создание электронных каталогов в системе подготовки электронной эксплуатационной документации TECHNICAL GUIDE BUILDER V2.4 // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2006. № 1. С. 23-29.
93. Дадали, А. Системы ERP / А. Дадали. — М.: Компьютер-Пресс. — 2001. — № 10.
94. Гаврилов. Д. А. Управление производством на базе стандартов MRP II / Д. А. Гаврилов. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2005. — 416 с.
95. Учебный курс ПАРУС 8 модуль «Планирование и учет в дискретном производстве». Постоянный адрес статьи:
http://www.parus.com/docs/20120228_course.pdf
96. О системе «Галактика ERP» [Электронный ресурс] : Официальный сайт компании АО «Корпорация Галактика» – Режим доступа:
<https://www.galaktika.ru/erp>.
97. Корпоративная информационная система "Флагман" [Электронный ресурс] : Официальный сайт компании ЗАО "Инфософт" – Режим доступа:
<http://www.infosoft.ru/>.
98. Управление производственным предприятием [Электронный ресурс] : Официальный сайт компании ООО "1С" – Режим доступа:
<http://v8.1c.ru/enterprise/>.
99. Демидов В. М. Эволюция MES. / Автоматизация в промышленности. 2013. № 08. С. 21-23.
100. Фролов Е. Б., Загидулин Р. Р. MES-системы, как они есть или эволюция систем планирования производства // Генеральный директор. 2008. № 4. С. 84–91.

101. Исапов Р., Mes-системы Режим доступа: <http://insapov.ru/mes.html>.
102. Симоненко Н.Н., Кузнецова О.Р. Экономика организации (предприятия) // ФГБОУ ВО «КНАГТУ», Комсомольск-на-Амуре, 2016. – 200с.
103. Фролов Е.Б. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование в MES-системах // Металлообрабатывающее оборудование, 2008, №11. – с. 22 – 27.
104. Котов И.А., Турчин Д.Е. Автоматизация планирования производства с помощью системы СПРУТ-ОКП // В сборнике: Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием "Россия молодая" Конференция проходит при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Ответственный редактор Костюк Светлана Георгиевна . 2017. С. 43003.
105. Чертовской В.Д. Методы изучения процессов планирования в интеллектуальных автоматизированных системах управления производством // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9. № 4. С. 849-865.
106. Танаев В. С. Введение в теорию расписаний / В. С. Танаев, В. В. Шкурба. – Москва: Наука, 1975. – 256 с.
107. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы // Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, 2011. – 222 с.
108. Gyulai D., Kadar B., Monostori L. Scheduling and operator control in reconfigurable assembly systems // 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems. - 2017. - №63. - С. 459-464.
109. Michalos G., Makris S., Chryssolouris G.. The new assembly system paradigm. // International Journal of Computer Integrated Manufacturing 2015;28(12):1252–1261.
110. ElMaraghy H., ElMaraghy W. Smart adaptable assembly systems. // Procedia CIRP 2016;44:4–13.

111. Yang J., Wang B., Zou C. Optimal Charge Planning Model of Steelmaking Based on Multi-Object Evolutionary Algorithm // *Metals*. – 2018. - №8 - C. 123-135.
112. Ganga X., Quan Q. Research on planning scheduling of flexible manufacturing system based on multi-level List algorithm // *International Conference on Digital Enterprise Technology- DET2016 – “Intelligent Manufacturing in the Knowledge Economy Era*. – 2016. - №56 - C. 569-573.
113. Anisimov V.G., Anisimov E. G., Saurenko T. N. The model and the planning method of volume and variety assessment of innovative products in an industrial enterprise // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2017. - №803 - C. 342-349.
114. Duba J., Stawowy A. Application of Interval Arithmetic to Production Planning in a Foundry // *ARCHIVES of FOUNDRY ENGINEERING*. – 2017. - №1 - C. 41-44.
115. Lang S., Reggelina T., Wunder T. Mesoscopic Simulation Models for Logistics Planning Tasks in the Automotive Industry // *16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication*. – 2017. - №178 - C. 298-307.
116. Klöber-Kocha J., Braunreuthera S., Reinharta G. Predictive production planning considering the operative risk in a manufacturing system // *The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*. – 2017. - №63 - C. 360-365.
117. Lugaresi G., Lanzarone E., Frigerio N., Matta A. A Cardinality-constrained Approach for Robust Machine Loading Problems // *Procedia Manufacturing* 11, c. 1718-1725 – 2017.
118. Denkena B., Dittrich M., Winter F. Competence-based Personnel Scheduling through Production Data // *Procedia CIRP*, Volume 63, 2017, pp. 265-270.
119. Корпоративная система управления предприятием // ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» г. Железнодорожск, 2014 г.
120. Вичугова А.А., Дмитриева Е.А., Цапко Г.П. Разработка модели данных PDM-системы ENOVIA SMARTTEAM для управления спецификациями при

создании радиоэлектронной аппаратуры // Прикладная информатика. 2010. № 5 (29). С. 23-29.

121. Суханова Ю.А., Куренков И.Н., Лунева Е.Е., Цапко С.Г. Критерии оценки эффективности бизнес-процессов приборостроительного предприятия // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2012) Труды 12-й Международной конференции. Под редакцией Е.И. Артамонова. 2012. С. 285-288.

122. Скирневский И.П., Аметова Э.С., Цапко С.Г. Адаптация PLM системы ENOVIA SMARTEAM к специфике предприятия на основе интеграции механизмов расширения базового функционала // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2012) Труды 12-й Международной конференции. Под редакцией Е.И. Артамонова. 2012. С. 204-206.

123. Коблов Н.Н. Построение единого информационного пространства инженерных данных. // Вестник науки Сибири. 2013. № 1 (7). С. 62-68.

124. Козлов А.А., Коблов Н.Н. Разработка программно-алгоритмического комплекса проектирования электромонтажных чертежей в приборостроении // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2014. № 4 (56). С. 74-80.

125. Коблов Н.Н., Черватюк В.Д. Интеграция системы «1С: Предприятие 8» и программного комплекса проектирования печатных плат P-CAD 2006 в системе электронного документооборота // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 325. № 5. С. 131-139.

126. Ахунова Е.В., Коблов Н.Н. Методы гибкого управления производством приборостроительного предприятия в интегрированной среде PLM-MES-ERP // Дискурс. 2016. № 5. С. 49-55.

127. Галеев Р. Г. Станции спутниковой и тропосферной связи ФГУП «НПП «Радиосвязь» // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации - 2010. Вып. 5., с 136-137

128. Галеев Р. Г., Коннов В. Г., Казанцев М. А., Ченцов С. В. Информационная поддержка организации производства изделий радиоэлектронной аппаратуры на предприятии ОАО «НПП «Радиосвязь» // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7. № 2. С. 758-766.
129. Шапошников И. Web-сервисы Microsoft.Net // БХВ-Петербург, 2002, с. 336
130. Храмцов П., Брик С., Русак А., Сурин А. Основы Web-технологий // Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007, Москва, с. 376
131. Фролов А.В, Фролов Г.В. Базы данных в Интернете: Практическое руководство по созданию Web- приложений с базами данных // Изд. 2-е, испр. - М.: Издательско-торговый дом "Русская редакция", 2000. - 448 с.
132. Казанцев М.А. Система диспетчеризации опытного и мелкосерийного производства радиоэлектронной аппаратуры // Вестник СибГАУ. № 4(50) 2013, С 27-32
133. Казанцев М.А., Легалов А.И. Комплексная автоматизация управления производством ОАО «НПП «Радиосвязь». / Ползуновский вестник, № 2. - 2014. С. 183-187.
134. ИСО 9004:2009 (ISO 9004:2009) "Менеджмент с целью достижения устойчивого успеха организации. Подход с позиции менеджмента качества"
135. Колчин А. Ф. Управление жизненным циклом продукции [Текст] / А. Ф. Колчин, М. В. Овсянников, А. Ф. Стрекалов, С. В. Сумароков. — М.: Анахарсис, 2002. — 304 с.
136. Судов Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции [Текст] / Е. В. Судов. — М.: ООО Издательский дом МВМ, 2003. — 264 с.
137. Соломенцев Ю.М., Загидуллин Р.Р.Б., Фролов Е.Б. Планирование в современных системах управления производством //Информационные технологии и вычислительные системы. 2010. № 4. С. 77-87.
138. Поздеев Б.М., Дубровин А.В. О создании интегрированной информационной поддержки системы качества машиностроительной продукции ответ-

ственного назначения / Вестник МГТУ СТАНКИН 2012 Издательство: Московский государственный технологический университет "СТАНКИН" (Москва) ISSN: 2072-3172 - 77-81 с.

139. ГОСТ РВ 15.307-2002 Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Испытания и приемка серийных изделий.

140. Казанцев М.А., Легалов А.И. Модель планирования на предприятии радиоэлектронной промышленности // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов XII Международной научно-практической конференции (16–18 ноября 2016 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2016. – 226 с. 76-80.

141. Швацкий А. В., Казанцев М. А., Капулин Д. В. Методы построения системы электронного документооборота неучтенной конструкторской документации на предприятии радиоэлектронной промышленности // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7. № 2. С. 767-778.

142. Мушинкин А. З. Инженерная экономика / А. З. Мушинкин, А. А. Семериков, Д. А. Заколдаев // Известия Академии наук им. А. М. Прохорова. – Нижний Новгород. – 2005. – С. 146–152.

143. Голицына Т.Д. Информационные технологии / Т.Д. Голицына, Т.А. Павловская // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2009. – Вып. 6. – С. 538–542.

144. ГОСТ 2.101-68 Единая система конструкторской документации. Виды изделий. – Взамен ГОСТ 5.290-60 ; введ. 01.01.1971. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 4 с.

145. ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. – Взамен ГОСТ 2.102-68 ; введ. 01.06.2014. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 29 с.

146. ГОСТ 2.052-2006 Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. – Введ. 01.09.2006. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 34 с.

147. ГОСТ 2.503-90 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила внесения изменений.

148. Вичугова, А. А. Жизненный цикл документа в информационных системах управления данными / А. А. Вичугова, В. Н. Вичугов, Е. А. Дмитриева // Вестник наук Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2011. – №1. – С. 328–334.

149. Вичугова, А. А. Разработка модели данных PDM-системы ENOVIA SMARTTEAM для управления спецификациями при создании радиоэлектронной аппаратуры / А. А. Вичугова, Е. А. Дмитриева, Г. П. Цапко // Прикладная информатика. – 2010. – №5. – С. 23–29.

150. Вичугова, А.А. Модели и алгоритмы автоматизированного управления жизненным циклом разнотипных взаимозаменяемых объектов в интегрированной среде : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 22.11.2013 / Вичугова Анна Александровна. – Томск, 2013. – 23 с.

151. Чичкина В. Д., Организация и планирование производства: учебн. пособие В. Д. Чичкина – Самара: Самарский государственный технический университет, 2012. – 186 с.

152. Аксенова О.П., Аксенов К.А., Антонова А.С., Смолий Е.Ф. Анализ графических нотаций для имитационного моделирования бизнес-процессов предприятия // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. С. 43.

153. Khubaev G.N., Scherbakov S.M., Shirobokova S.N. Conversion of IDEF3 models into UML-diagrams for the simulation in the SIM system UML //European science review. 2015. № 11-12. С. 20-25.

154. Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон. UML. Руководство пользователя. М. ДМК 2000. 432 с.

155. Фаулер М., Скотт К. UML. Основы. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2002. – 192с., ил.

156. Кватрани Т. Rational Rose 2000 и UML. Визуальное моделирование: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2001 – 176с.: ил.

157. Маклаков С.В. ERWin и BPWin. CASE средства разработки информационных систем. - М.:Диалог-МИФИ, 1999.
158. Рамбо Д., Якобсон А., Буч Г. «UML Специальный справочник». – СПб.: «Питер», 2002.
159. Блинов А.Н., Жуков Ю.И. Международные стандарты функционального моделирования и их использование для описания жизненного цикла сложной технической системы // Навигация и управление движением Сборник докладов VI конференции молодых ученых. Научный редактор О.А. Степанов; под общ. редакцией В.Г. Пешехонова. 2004. С. 277-283.
160. Казанцев М.А., Легалов А.И., Чемидов И.В. Интеграция автоматизированных складских комплексов в информационную систему предприятия радиоэлектронной промышленности // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7.№ 2. С. 222-228.
161. Дергачев К.В., Капулин Д. В., Казанцев М.А. Автоматизированная система управления складом уровня цеха для проектного производства // Информационные технологии, Том 21, № 11, 2015, с 808-814.
162. Чемидов И.В., Капулин Д. В., Казанцев М.А., Джигоева Н.Н. АСУ складским комплексом элемент единого информационного пространства приборостроительного предприятия // Автоматизация в промышленности, № 11, 2016 с 27- 30.

Список использованных сокращений

APS (англ. Advanced Planning & Scheduling) - усовершенствованное производственное планирование;

CAD (англ. Computer-Aided Design) - системы автоматизированного проектирования;

CAE (англ. Computer-Aided engineering) – системы автоматизации инженерных расчётов;

CAM (англ. Computer-Aided manufacturing) - системы технологической подготовки производства;

ERP (англ. Enterprise Resource Planning) - система управления ресурсами предприятия;

FRP - системы финансового планирования;

MES - (англ. Manufacturing Execution System) - система управления производственными процессами;

MRP (англ. Material Requirements Planning) — планирование потребности в материалах;

MRP II (англ. Manufacturing resource planning) - планирование производственных ресурсов;

PDM - системы хранения данных;

PLM-системы - системы поддержки процессов конструкторско-технологической подготовки производства;

SQL (англ. structured query language) - язык структурированных запросов;

T-SQL – процедурное расширение языка SQL;

АСУП – автоматизированные системы управления предприятием

ВВСТ - вооружение, военная и специальная техника

ДСЕ - детали и сборочной единицы;

ЕИП - Единое информационное пространство;

ЕС ЭВМ - Единая система электронных вычислительных машин;

ЗИП - запасные части, инструменты и принадлежности;

КИС - корпоративная информационная система;

ПКИ - покупные комплектующие изделия;

ЦКЦ – центральный комплекточный цех;

ЖЦП - жизненный цикл продукции;

CALS (англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support) - информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий.

Приложение А

структура базы данных

В таблице А.1 приведен список таблиц, и краткое пояснение для чего используется данная таблица.

Таблица А.1 – Список таблиц БД

Название таблицы	Назначение
1	2
ckcPrKompl	Процент комплектности сборки по заказам по ЦКЦ
DootchSb	Доотчет входящих по сборкам
DoplC	Содержание допланировок по цехам
DoplReestr	Реестр допланировок
DoplS	Содержание допланировок по сериям
DoplStatus	Статус допланировок по цехам
edit_y	Промежуточная таблица редактирования участкового маршрута
Hist_plans	История изменения позиций при обработке номенклатурных планов и допланировок ПДБ цехов
hist_TMuch	История изменения участкового маршрута
Nedodel	Недодел
NextM	Справочник "Следующий цех"
Opecka_sv	Сверка оперативных картотек до допланировки и после
OPECKAEn	Оперативная картотека после допланировки
OPECKASt	Оперативная картотека до допланировки
OsnMat	Основной материал для ДСЕ
PDB	Справочник ПДБ цехов
PDBFio	Справочник начальников ПДБ цехов
PlanC	Содержание номенклатурного плана по цехам
PlanNS	Номенклатурный план по сериям
PlanReestr	Реестр планов
PlanS	Промежуточная таблица номенклатурного плана по сериям
PlanStatus	Статус номенклатурного плана по цехам
PrikazSel	Выбранные приказы
print_UchPlan	Отчет «Номен»
prZ	

rep_kompl	Промежуточная таблица для отчета
rep_Reestr	Отчет "Реестр"
rep_sopr	Отчета "Сопроводительные карты"
rep_soprCont	
ROLE	Справочник "Роли"
Save_sel	Сохраненные наборы данных
Save_selpoz	Содержание сохраненных наборов данных
scannar_err	Ошибки при прохождении нарядов
ScanNar_err_tipe	Справочник ошибок
scannaryad	Наряды прошедшие через ПДБ цеха
scannaryad_hist	История прохождения и изменения наряда через ПДБ цеха
sopr_hist	Выписанные сопроводительные карты
SoprOper	Переходы между операциями из SoprOpisOper
SoprOpisOper	Наименование операции
SoprPoz	Позиции из сопроводительных карт
SpisokSm	Список материалов
Status	Справочник статусов
Status_Role	Справочник "Статус-роль"
TemplateAddress	Путь для копирования шаблонов на локальный диск конкретного пользователя
TemplateFiles	Выбранные ДСЕ для поиска шаблонов
TemplateHist	История загрузки шаблонов
Templates	Список существующих шаблонов
tmpDnomen	Промежуточная таблица формирования номенклатурного плана
tmpUchPrint	Промежуточная таблица для отчета
UCH_P	Информация о участках цехов
UCHASTKI	Участковый маршрут
UchDopl	Промежуточная таблица формирования поучасткового плана
UchPlan	Участковый план
UchPlanHist	История участковых планов
UchPlanSel	Выбранные позиции пользователя
UchPozp	Промежуточная таблица списка ДСЕ под заказ
User_CY	Описание участков доступных пользователям
ZCDemand	Заявки цехов в ЦКЦ
ZCDemand_give	Отработанные заявки
ZCDemand_hist	История заявок
ZCpozPlan	Позаказный поцеховой план сборочного производства

ZCPozPlanHist	История позаказного цехового плана сборочного производства
ZCpozPlanSel	Выбранные пользователем позиции позаказного цехового плана
ZCPrikaz	Приказы сборочных цехов
ZCPrikazHist	История приказов сборочных цехов
ZCUchplan	Позаказный поучастковый план сборочного производства
ZCUchplan_Hist	История позаказного поучасткового плана сборочного производства
ZCYTexn	Справочник профессий участков цехов
Zplan	Информация о заказах плана
ZPozPlan	Информация о позициях, входящих в заказ
ZRbr	Информация о распределении позиций по участкам по заказам
ZRbrLog	История изменений таблицы ZRbr
ZRbrOpTypes	Типы операций, совершаемых с записями таблицы ZRbr
ZRbrUsers	Список пользователей, работающих с ZRbr

Приложение Б



Акционерное общество
«Научно-производственное
предприятие «Радиосвязь»
(АО «НПП «Радиосвязь»)

ул. Декабристов, д. 19, Красноярск, 660021
Тел. (391) 204-11-02,
тел./факс (391) 221-62-56, 221-79-30
E-mail: kniirs1@mail.kts.ru
ОКПО 44589548, ОГРН 1122468072231
ИНН/КПП 2460243408/246001001



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «НПП «Радиосвязь»

Р.Г. Галеев

« 20 » 2016 г.

Исх. № _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

На № _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

А К Т

о внедрении результатов исследования, полученных в диссертационной работе
Казанцева Михаила Александровича «Информационная поддержка опытного,
позаказного и мелкосерийного радиоэлектронного производства» на
АО «НПП «Радиосвязь»

Настоящий акт составлен комиссией в составе:

Председатель:

Политов А.Ю., заместитель генерального директора по производству

Члены комиссии:

Рыжков И.А., заместитель технического директора

Грудинин А.В., заместитель главного контролера

Гариффулин Э.Ф., начальник производственного отдела

Комиссия в вышеназванном составе составила настоящий акт о том, что в АО «НПП «Радиосвязь» в деятельности заготовительного, механосборочного и механообрабатывающего производства, а также в центральном комплектующем цехе, производственном отделе, отделе главного контролера и в конструкторском бюро использованы результаты научно-исследовательской работы «Информационная поддержка опытного, позаказного и мелкосерийного радиоэлектронного производства», полученные в рамках выполнения диссертационной работы Казанцева М.А.

В качестве основных результатов используется разработанное программное обеспечение для автоматизации планирования и диспетчирования производства, складского учета и комплектации деталей и сборочных единиц собственного изготовления. Разработанное программное обеспечение интегрировано в единое информационное пространство предприятия.

Председатель:

Члены комиссии:

Политов А.Ю.

Рыжков И.А.

Грудинин А.В.

Гарифуллин Э.Ф.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2013619118

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ СКЛАДСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ KARDEX SHUTTLE XP

Правообладатель: *Открытое акционерное общество
«Научно-производственное предприятие «Радиосвязь» (ОАО
«НПП «Радиосвязь»)* (RU)

Авторы: *Чемидов Игорь Владимирович (RU),
Казанцев Михаил Александрович (RU)*



Заявка № **2013617001**

Дата поступления **02 августа 2013 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **25 сентября 2013 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014615110

**ПОДСИСТЕМА ОБРАБОТКИ И ДОВЕДЕНИЯ
НОМЕНКЛАТУРНО-ПЛАНОВЫХ ЗАДАНИЙ И
ПРИКАЗОВ ЦЕХАМ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО И
МЕХАНОСБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Правообладатель: *Открытое акционерное общество
«Научно-производственное предприятие «Радиосвязь» (ОАО
«НПП «Радиосвязь» (RU)*

Авторы: *Есюкова Елена Геннадьевна (RU),
Казанцев Михаил Александрович (RU)*

Заявка № 2014610942

Дата поступления 11 февраля 2014 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 19 мая 2014 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2014610660

ФОРМИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ
СОПРОВОДИТЕЛЬНЫХ КАРТ

Правообладатель: *Открытое акционерное общество
«Научно-производственное предприятие «Радиосвязь» (ОАО
«НПП «Радиосвязь»» (RU)*

Авторы: *Есюкова Елена Геннадьевна (RU),
Казанцев Михаил Александрович (RU)*



Заявка № 2013660509

Дата поступления 15 ноября 2013 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 15 января 2014 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов