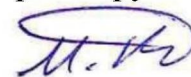


На правах рукописи



КАЗАНЦЕВ МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ

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

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

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Красноярск 2018

Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Легалов Александр Иванович

Официальные оппоненты: Мезенцев Юрий Анатольевич
доктор технических наук, доцент,
Новосибирский государственный
технический университет
профессор кафедры автоматизированных систем
управления

Ноженкова Людмила Федоровна
доктор технических наук, профессор
Институт вычислительного моделирования
СО РАН – Обособленное подразделение
ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск.
заведующая отделом прикладной информатики

Ведущая организация: ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
имени В.И. Ульянова (Ленина)»

Защита состоится «15» февраля 2019 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.249.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева» по адресу: 660037, г. Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева и на сайте <https://www.sibsau.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Панфилов
Илья Александрович

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Современные машиностроительные предприятия должны оперативно реагировать на постоянно изменяющиеся условия и поддерживать широкую номенклатуру одновременно выпускаемых изделий, что возможно только при наличии эффективной автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). Необходимо учитывать 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 система управления предприятием должна способствовать выпуску продукции в соответствии с производственным планом, учитывать запуск в производство опытных образцов продукции, а также обеспечивать эффективную загрузку оборудования для своевременного выпуска деталей и сборочных единиц (ДСЕ). Задачи такого плана усложняются на предприятиях радиоэлектронной промышленности при малой серии изделий, а также при 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 обеспечены только маршрутной технологией. Все это приводит к внесению большого числа изменений в конструкторскую и технологическую документацию и, как следствие, появляется большое количество производственных приказов, которые должны быть максимально быстро доведены до исполнителей для успешного выполнения производственных заказов и исключения затрат на изготовление деталей и блоков выведенных из состава изделия.

Перечисленные факторы накладывают определенные требования к оперативному планированию, которые подчас недостаточно проработаны и реализованы в существующих системах управления производством. Применение существующих систем, решающих задачи управления производством, таких как типовые версии «Гольфстрим» и «1С: Управление производственным предприятием», не обеспечивает возможность оперативной коррекции производственного плана. Необходимы новые подходы, направленные на эффективное решение актуальных задач, связанных с оперативным планированием, управлением и организацией позаказного и мелкосерийного производства.

Степень разработанности темы исследования. Вопросам оперативно-календарного планирования с точки зрения распределения работ во времени, управления и организации производством 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 Е. С. Вентцель, А. Ф. Горшкова, Дж. Б. Данцига, Л. В. Канторовича и других авторов. Вопросам планирования с точки зрения аппарата теории расписаний были посвящены исследования Д. С. Джонсона, С. М. Джонсона, Р. В. Конвея, В. Л. Максвелла, Л. В. Миллера, Р. Паркера и других авторов. Вопросы организации и управления производством рассматривались в работах Б. С. Балакшина, Р. Р. Загидуллина, А. А. Первозванского, Н. М. Султан-заде, Б. Я. Фалевича, А. Д. Чудакова, К. С. Кульги и других авторов.

Вместе с тем, задачи планирования и диспетчирования позаказного и мелкосерийного производства, направленные на дальнейшее уточнение

производственного процесса в условиях оперативного и постоянно изменяющегося планирования, до конца не решены.

Целью работы является повышение эффективности принятия управленческих решений за счет автоматизации планирования и контроля изготовления заготовок, деталей и сборочных единиц при позаказном производстве в условиях 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 взаимодействия разработанной модели с существующими АСУП.

3. На основе модели организационно-технической системы управления позаказным производством, обеспечить информационную поддержку производства ДСЕ за счет разработки программного обеспечения (ПО).

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 особенностей элементов АС, использовались теория графов и сетей, аппарат теории расписаний.

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 радиоэлектронного производства, 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 гг. по государственному контракту №11411.1006800.11.319 от 05.12.2011 г.

Публикации. По теме диссертации опубликована 20 работ, из них 8 в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ, 1 статья в рецензируемых зарубежных изданиях, включенных в международную базу цитирования Scopus, получено 3 свидетельства на регистрацию программного продукта.

Апробация работы. Диссертационная работа и ее отдельные разделы докладывались и обсуждались на 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.; 66-й научной конференции «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.; V Всероссийской научно-технической конференции «Системы связи и радионавигации», г. Красноярск, 2018.

Структура диссертации. Основной текст диссертации изложен на 136 страницах и состоит из введения, четырех глав, заключения и двух приложений. Список используемых источников содержит 162 наименования. Работа иллюстрирована 47 рисунками и содержит 12 таблиц.

Содержание работы

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

В **первой главе** проведен анализ 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.

В настоящее время на передовых предприятиях радиоэлектронной промышленности России и мира внедряются системы управления жизненным циклом промышленных изделий, которые преимущественно охватывают этапы разработки и конструкторско-технологической подготовки производства и частично этапы производства и сервисного обслуживания. В то же время на сегодняшний момент невозможно представить работу современного предприятия без систем, которые бы автоматизировали его производственную и хозяйственную деятельность, но

применение типовых систем, решающих задачи управления производством, таких как «Гольфстрим», «Парус: 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.

Организация мелкосерийного позаказного производства на предприятии существенно отличается от организации крупносерийного. Последнее предполагает работу на склад с учетом динамики продаж, объемы производства планируются с целью оптимальной загрузки производственных мощностей. При позаказном производстве объем выпуска продукции планируется исходя из поступивших заказов. Такое отличие приводит к принципиальной разнице в работе производства и организации учета на нем.

АСУП приборостроительных предприятий включают системы управления ресурсами, оперативного планирования производства, материально-технического обеспечения и конструкторско-технологической подготовки производства. Одним из основных компонентов информационной системы таких предприятий 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 комплектующего цеха (ЦКЦ);
- обсчет незавершенного производства;

В качестве примера предприятия, реализующего управление по данной схеме и использующего как типовое ПО, так и ПО собственной разработки, можно рассмотреть АО «НПП «Радиосвязь». Разработанные на предприятии собственные системы учета движения товароматериальных ценностей, управления закупками и оперативного планирования производства, предназначены для решения специфических задач автоматизации производственного планирования и управления в мелкосерийном позаказном производстве. Они применяются совместно с комплексом АСКОН, образуя информационную среду предприятия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Информационная инфраструктура АО «НПП «Радиосвязь»

Вместе с тем, для повышения эффективности изготовления заказов в радиоэлектронном производстве необходимо автоматизировать этап диспетчирования¹, обеспечив при этом интеграцию с существующими системами автоматизации. В результате анализа существующих систем комплексной автоматизации выявлено, что существующие системы не соответствуют в полной мере потребностям радиоэлектронного производства работающего в условиях позаказного производства, малой серии и опытного производства. Существующие системы, включая и приведенный пример, позволяют планировать изготовление изделий и распределение ресурсов при незначительных изменениях производственного плана. Однако в случае изменения конструкции или состава изделия практически во всех системах приходится осуществлять коррекцию плана в ручном режиме, что ведет к потере эффективности и оперативности.

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.

Для предприятий с длительным циклом изготовления и большим числом ДСЕ собственного изготовления необходима возможность поэтапного запуска, в производство сборочных единиц прошедших конструкторскую и технологическую подготовку производства с контролем сроков выполнения подготовительных этапов. Этап разработки технологических процессов может начинаться до момента полного окончания разработки и утверждения конструкторской документации. После разработки и утверждения сборочных чертежей изделий, разработка технологического процесса (ТП) на отдельные ДСЕ может начинаться по мере завершения разработки чертежей. Подобная картина может наблюдаться и для этапов технологической подготовки производства (ТПП) и изготовления ДСЕ. С помощью данного последовательно-параллельного способа планирования работ достигается сокращение длительности этапа производства жизненного цикла продукции (ЖЦП_П) отдельных изделий.

Процессы проектирования конструкторской и технологической документации относятся ко всей номенклатуре выпускаемой продукции и представляют собой сложную взаимосвязь расписаний работы множества исполнителей таких как: конструкторы (К), технологи (Т), инженеры по технологической подготовке производства (ТПП) и рабочие центры (РЦ). При этом под исполнителями понимаются как сотрудники, так и исполнительные устройства, реализующие функции изготовления ДСЕ.

Длительность ЖЦП_П уменьшается, при сокращении разницы между началом смежных этапов ЖЦП_П для каждого i -го изделия, $i = \overline{1, N}$, где N – общее количество изделий. Сокращение данных величин возможно, если модель планирования включает все этапы ЖЦП_П и всех исполнителей обеспечивающих выполнение работ ЖЦП_П. При этом диаграмма этапа изготовления продукции будет представлена всеми

¹ Диспетчирование — этап оперативного планирования, на котором осуществляется разработка и реализация решений по предупреждению отклонений и сбоев в производственном процессе, а в случае их возникновения — по их незамедлительному устранению.

производственными цехами предприятия с последующей детализацией расписания для отдельных подразделений.

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:

$$M_{e_{iП}} = \bigcup_{l=1}^L (\bigcup_{j=1}^{P_l} e_{ijl})$$

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

Необходимо отметить, что на сокращение величины времени перехода между этапами ЖЦП_П: $\Delta t_{К-Т_i}$, $\Delta t_{Т-ТПП_i}$ 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. 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.

Анализ производственного процесса, в частности, на АО «НПП «Радиосвязь», показал, что для изготовления одного изделия необходимо осуществить закупку покупных комплектующих изделий (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, приемо-сдаточных испытаний и периодических испытаний (рисунок 2), количество и порядок которых регламентированы ГОСТ РВ 15.307-2002.



Рисунок 2 – Сетевой график изготовления типового комплекса связи

Состав и порядок изготовления ДСЕ для безусловного выполнения заказа определяется планом производства. 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, раскрывающая взаимосвязь процессов при изготовлении заказа в позаказном производстве (рисунок 3) с отображением ключевых моментов изготовления. Оперативное изменение производственных планов осуществляется на основании приказов по производству, при автоматизированной обработке которых информация доводится до всех подразделений предприятия. Если ДСЕ, находящаяся в производстве, снимается с производственного плана, то по завершении текущей операции она помещается в цеховую кладовую или центральный комплектующий цех. Решение о дальнейших действиях с этой ДСЕ принимается на основании конструкторского извещения.

Для описания процесса изготовления ДСЕ используется маршрутно-операционный технологический процесс, который является частью производственного процесса. 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.

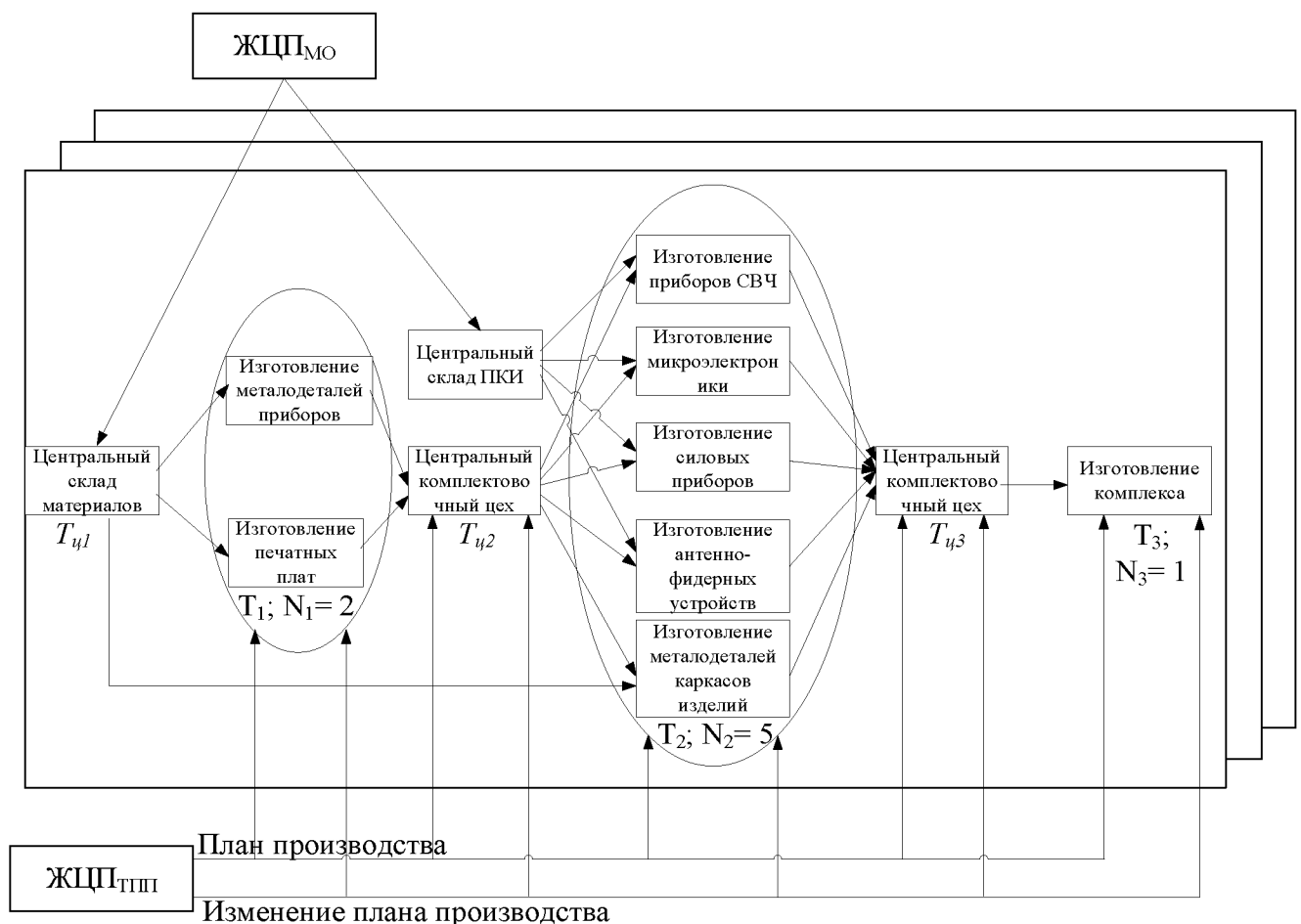


Рисунок 3 – Модель организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством

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. Для промежуточного контроля состояния изготовления заказа осуществляется хранение составных частей в центральном комплектующем цехе. Здесь $N_{1,2,3}$ – количество контролируемых ответственных параллельных процессов. Обозначим через $T_{1,2,3}$ – время выполнения этапа работ по изготовлению изделия, $T_{\text{ц}}$ – время комплектования блоков изделия.

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

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

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

Рассмотрим функцию

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

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

Выражение (1) представляет собой критерий оптимальности задачи управления показанным радиоэлектронным производством, который определяется как результат функционирования модели организационно-технической системы управления. Функционал (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.

$$\vartheta_{ijk} \in U = \{U_1, \dots, U_q\}, \quad (2)$$

$$\tau_{0_{e_{ijk}}}^H \geq \tau_{0_{e_{ijk-1}}}^{KH}, k, s \in N\{1, n\}, \quad (3)$$

$$d \subset D = \{D_1, \dots, D_l\}. \quad (4)$$

Выражение (2) – множество операций ϑ_{ijk} для единицы планирования e_{ijk} . Выражение (3) – условие предшествования по выполнению ЕП, где $\tau_{0_{e_{ijk}}}^H$ и $\tau_{0_{e_{ijk}}}^{KH}$ – моменты начала и окончания выполнения операции ЕП e_{ijk} . Выражение (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, изменении его конструкции или состава. Данные вычисления целесообразно реализовать в дополнительных модулях, расширяющих функциональные возможности АСУП.

В связи с инновационным видом продукции и длительным сроком изготовления в производстве может одновременно находиться несколько видов одного изделия изготавливаемого по различным сериям и имеющим разный состав сборочных единиц. В результате анализа существующей схемы прохождения информации об изготовлении ДСЕ, модели изготовления заказа в мелкосерийном, позаказном производстве и изучения концепции систем класса MES были определены функции, которые необходимо реализовать в разрабатываемой системе:

- диспетчирование производства – управление потоком изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, посредством рабочих нарядов, как по ДСЕ с утвержденными ранее нормами времени, так и по опытным ДСЕ нормы времени на которые станут известны только после изготовления;
- 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;
- 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.

Реализация данных функций, обеспечивает оперативный контроль текущего состояния ДСЕ в позаказном производстве и как следствие, повышение эффективности его сопровождения. В ходе проведенного анализа выявлена возможность реализации этих функций в виде отдельного программного комплекса, с возможностью интеграции в комплексную систему управления производственным процессом, состоящую из разнообразных информационных систем. Место системы диспетчирования позаказного производства приведено на рисунке 4.

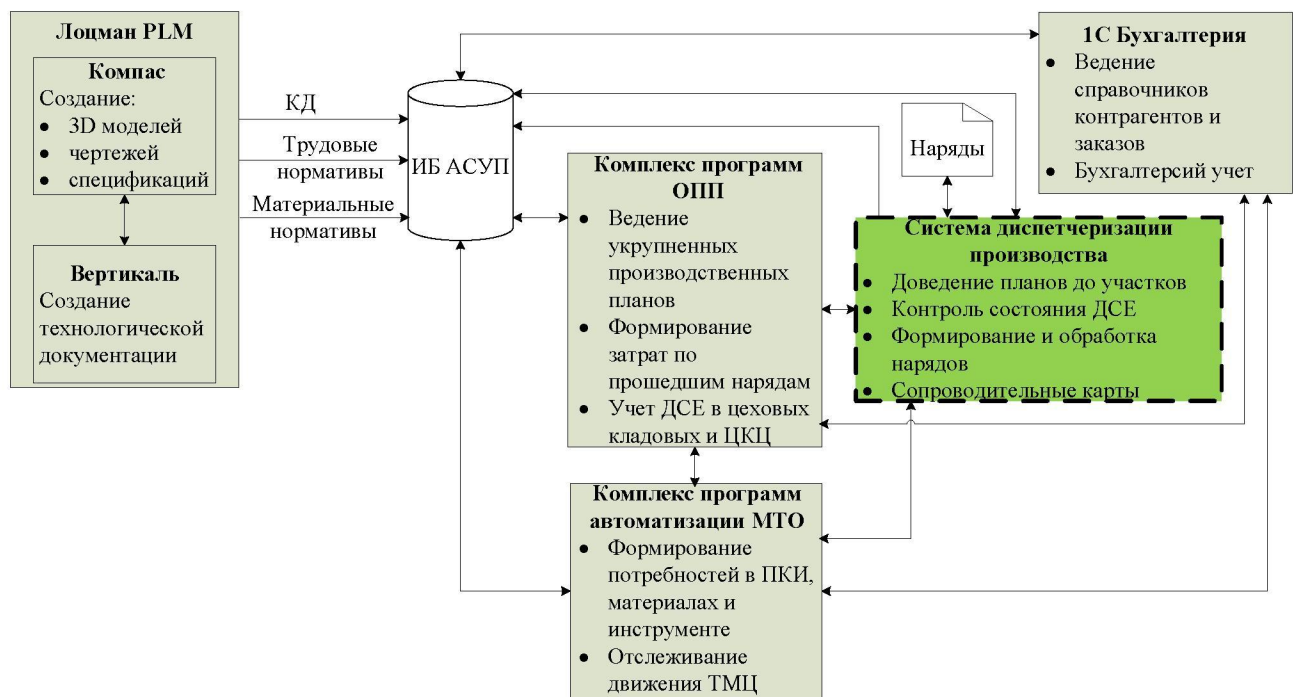


Рисунок 4 – Схема взаимодействия информационных систем с добавлением системы диспетчирования производства

Необходимо учитывать, что при планировании на уровне цехов, без учета служебных записок на изменение состава изделия от конструкторского или технологического отдела, журналов оперативных решений и внеплановых заданий, в условиях опытного и мелкосерийного производства, ведет к большим трудозатратам по контролю изготовления данных ДСЕ. Таким образом, нужно предусмотреть обработку и оперативное доведение до производственных участков всех изменений производственного плана.

В третьей главе на основе предложенной модели организационно-технической системы управления позаказным радиоэлектронным производством, выбранного набора функций и определении места системы диспетчирования в общей информационной системе предприятия, был представлен разработанный метод эффективной организации специализированного информационного и программного обеспечения. Данный метод включает в себя архитектурные и структурные решения, на основе которых разработана функциональная модель изготовления ДСЕ при позаказном производстве, диаграммы прецедентов и развертывания системы диспетчирования позаказного производства, а также модель реляционной базы данных. Описывается 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.

На рисунке 5 приведена функциональная модель процессов, на которой показаны основные процессы, входы, выходы и механизмы, выполняющие функцию изготовления ДСЕ при позаказном производстве. Для учета специфики позаказного производства, вносимой в существующую АСУП процессами, определяющими диспетчирование позаказного производства, разработана диаграмма прецедентов диспетчирования производства, которая представлена на рисунке 6. Процессы,

связанные с изменением производственных планов, представлены в прецедентах «Допланировка» и «Производственный приказ».

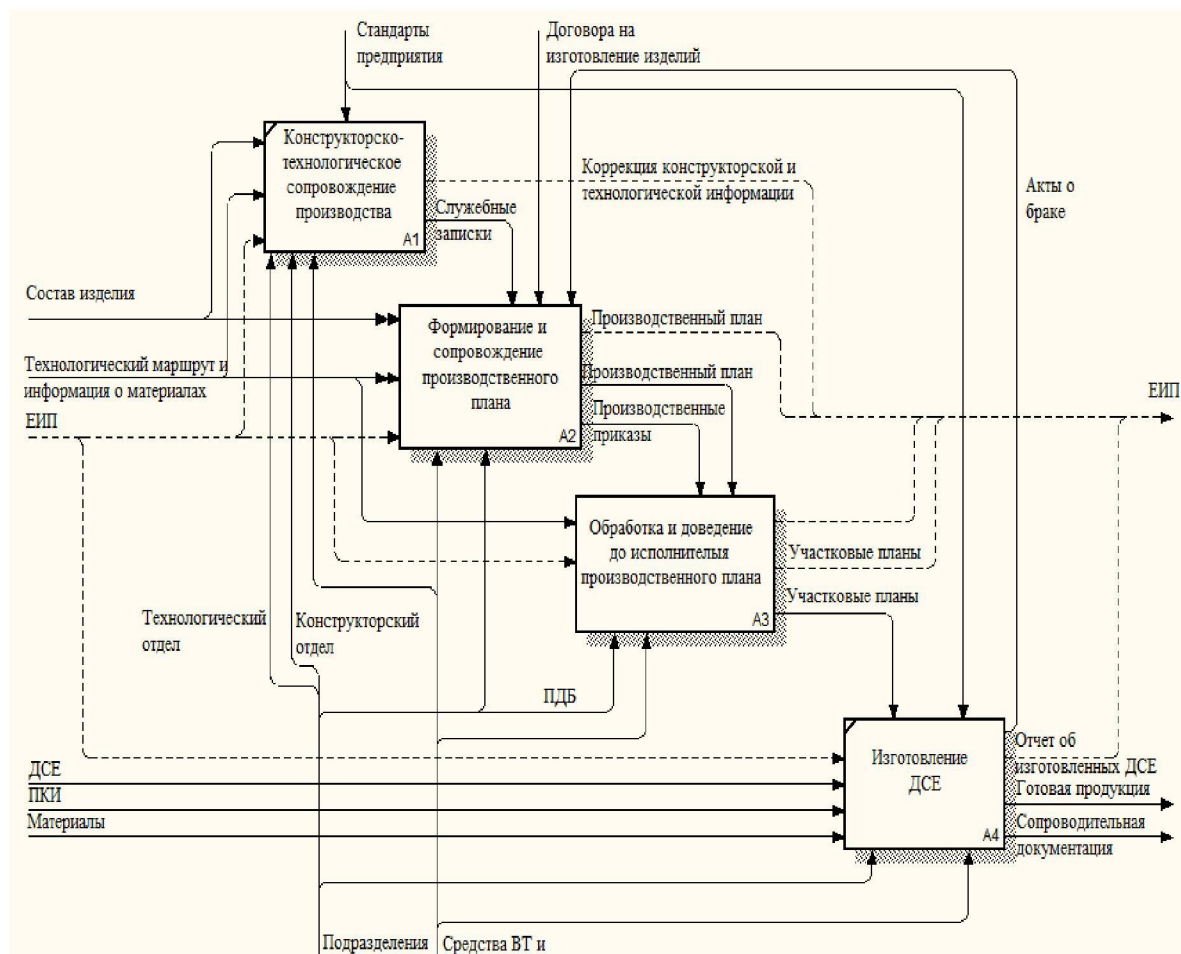


Рисунок 5 - Функциональная модель изготовления ДСЕ при позаказном производстве

Разработанную систему диспетчирования производства, можно разделить на три основных компонента:

- обработка и доведение планов, коррекций текущего производственного плана и производственных приказов до участков производственных цехов;
- написание производственных приказов;
- участковые планы.

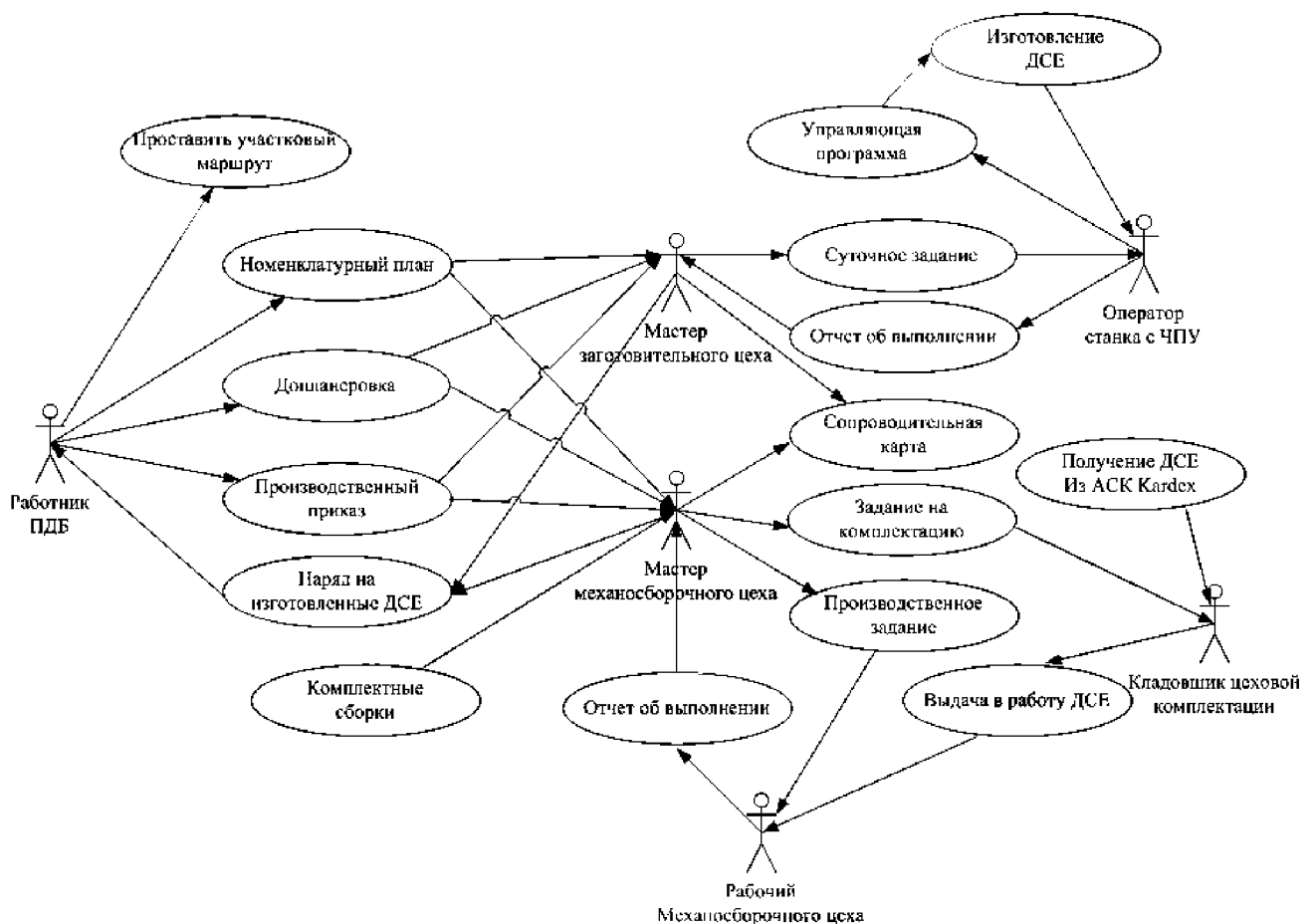


Рисунок 6 – Диаграмма прецедентов диспетчирования позаказного производства

На рисунке 7 приведена концептуальная модель данных подмножества допланировок. На данной модели показаны основные таблицы, использующиеся для работы с участковыми планами. При формировании участковых планов учитывается наличие заготовок, деталей и сборочных единиц в цеховых комплектациях и центральных складах, в том числе и в автоматизированных складских комплексах.

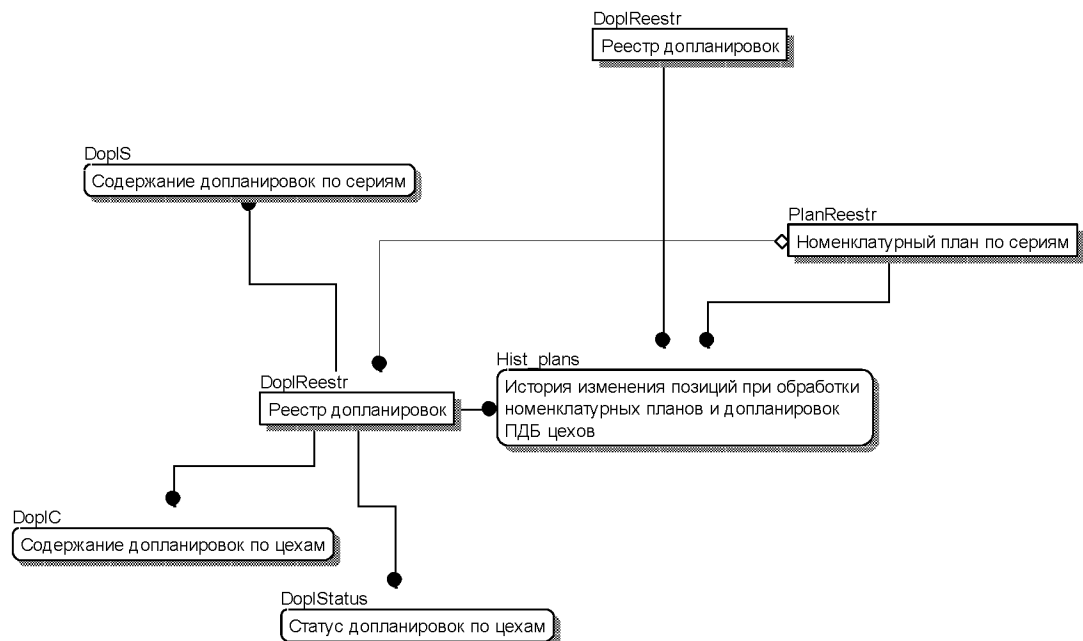


Рисунок 7 – Модель данных подмножества допланировок

На рисунке 8 представлена диаграмма разворачивания разработанной системы диспетчирования радиоэлектронного производства. Человеко-машинный интерфейс представлен рабочими местами работников планово диспетчерского отдела (ПДО) и планово диспетчерского бюро (ПДБ), мастера цеха, дополненными принтерами для печати сопроводительной документации, и рабочими местами кладовщиков уровня производственного цеха, дополнительно оснащенные термопринтерами для печати штрих-кодов и автоматизированными складскими комплексами.

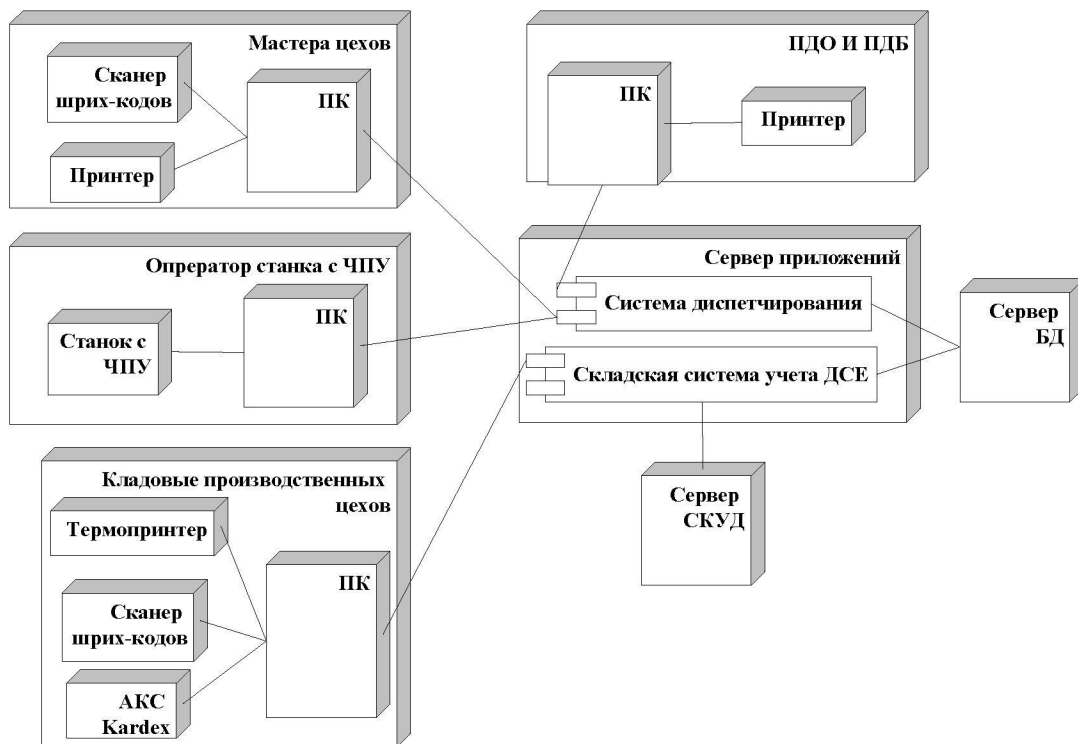


Рисунок 8 – Диаграмма разворачивания системы диспетчирования производства

В качестве основы для работы системы диспетчирования производства выступает номенклатурный план производства, полученный из 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. Кроме плановых позиций для опытного и позаказного производства характерно большое количество внеплановых заданий, служебных записок в дополнение и изменение плана, а также отсутствие необходимой информации для запуска ДСЕ в производство. Данная проблема решается в модуле «Написание производственных приказов». 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.

Интеграция между автоматизированными системами была реализована на основе открытых стандартов обмена данными с использованием языка разметки *XML*, а также на уровне баз данных с использованием языка *T-SQL* и средств репликации баз данных. Примененные технические решения по интеграции создаваемой системы с существующей АСУП, позволили интегрировать разработанную систему

диспетчирования производства в единое информационное пространство АО «НПП Радиосвязь» с возможностью обмена данными в реальном времени.

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

Разработанная система внедрена в 2016 году в промышленную эксплуатацию в заготовительном, механообрабатывающем и 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.

Обеспечено достижение цели диссертационного исследования – повышение эффективности принятия управленческих решений. На рисунке 9 представлена экранная форма контроля выполнения производственного плана по заказам и цехам основного производства, позволяющая анализировать состояние производственных заказов в разрезе трудоемкости изготовления.

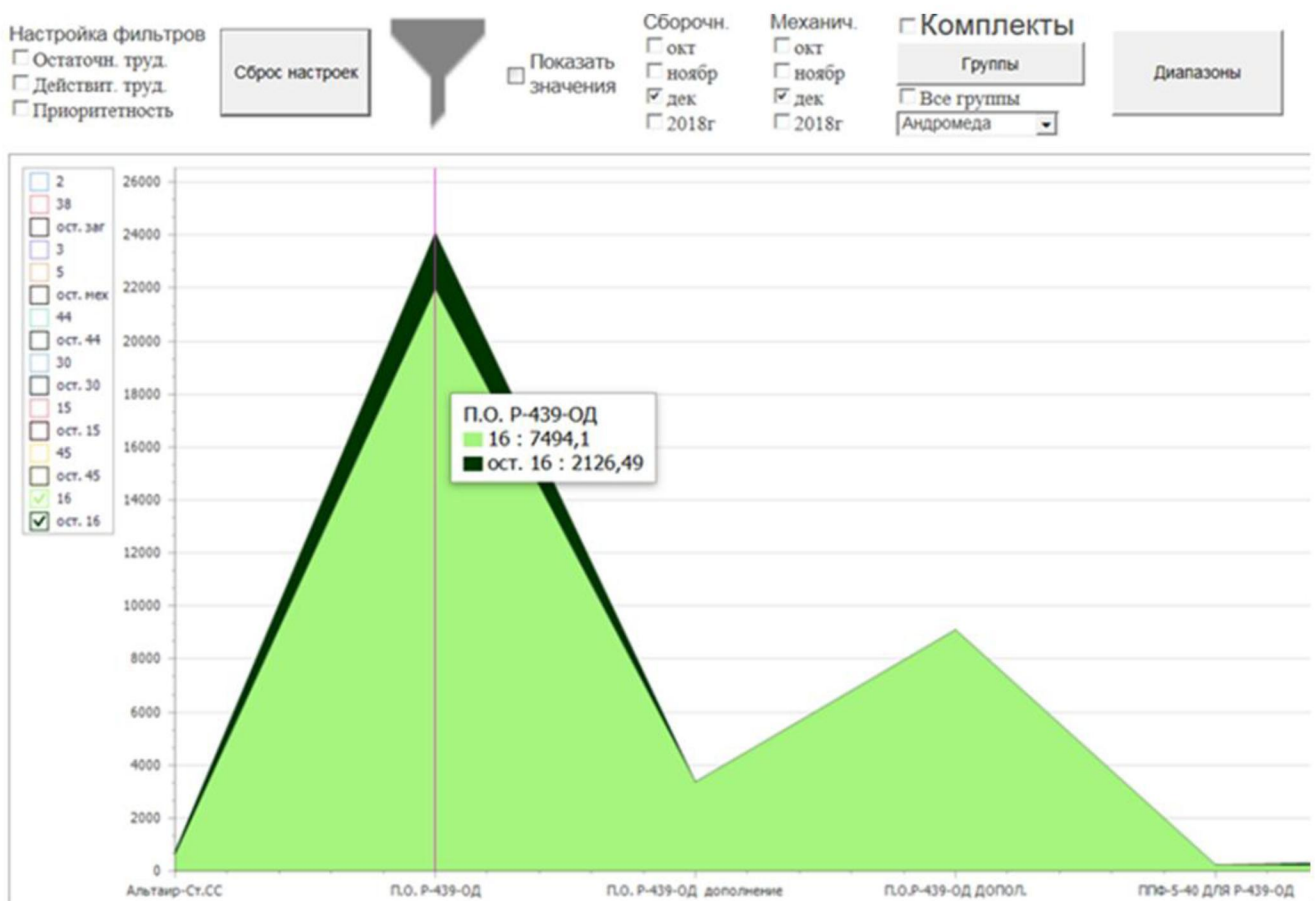


Рисунок 9 – Контроль выполнения производственного плана в разрезе заказов и цехов основного производства

На рисунке 10 приведена статистика изготовления как плановых ДСЕ, так и опытных ДСЕ изготавливаемых по производственным приказам.



Рисунок 10. Динамика изменения количества сотрудников, изготовления ДСЕ и выработки на АО «НПП «Радиосвязь»

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 позакказного производства.

В приложении А приведена структура базы данных системы диспетчирования позакказного радиоэлектронного производства.

В приложении Б приведен акт о внедрении и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

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 позакказного производства. Определена специфика позакказного 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 позакказным 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 подтверждается актом внедрения, и используется службами КБ, главного технолога и всеми подразделениями заместителя генерального директора по производству АО «НПП «Радиосвязь».

Публикации по теме диссертации В журналах рекомендованных ВАК:

1. Казанцев М.А. Система диспетчеризации опытного и мелкосерийного производства радиоэлектронной аппаратуры // Вестник СибГАУ. № 4(50) 2013, С. 27-32
2. Казанцев М.А., Легалов А.И., Чемилов И.В. Интеграция автоматизированных складских комплексов в информационную систему предприятия радиоэлектронной промышленности // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. Т. 7, № 2. - 2014. С. 222-228.
3. Казанцев М.А., Легалов А.И. Комплексная автоматизация управления производством ОАО «НПП «Радиосвязь». / Ползуновский вестник, № 2. - 2014. С. 183-187.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Чемилов 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.
8. Казанцев М.А., Фокин Е.И., Чемилов И.В. Интеграция информационных систем в радиоэлектронном производстве // Успехи современной радиоэлектроники. 2018. № 12. С. 9-12.

**В рецензируемых зарубежных изданиях,
включенных в международную базу цитирования Scopus**

9. Kapulin D.V., Chemidov I.V., Kazantsev M.A. The design of the automated control system for warehouse equipment under radio-electronic manufacturing // Journal of Physics: Conference Series. 2017. T. 803. № 1. С. 012064.

В других изданиях:

10. Казанцев М.А. О автоматизированной системе управления предприятием на примере исполнительный системы // Труды Математического центра имени Н.И.Лобачевского: Материалы XI молодежной школы-конференции «Лобачевские чтения-2012» / Казань: Казанское математическое общество, 2012. Том 45. С. 79-81.
11. Казанцев М.А. О исполнительный системы промышленного предприятия // Материалы XVI Международной научной конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева/ Красноярск: СибГАУ им. академика М.Ф. Решетнева, 2012. Часть 2. С. 571-572.
12. Казанцев М.А. О комплексе систем планирования производства для промышленного предприятия // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования. Герценовские чтения – 2013. Материалы 66-ой научной конференции (Актуальные информационные системы и технологии моделирования) / СПб.: Изд. РГПУ им. А. И. Герцена, 2013. С 244-246.
13. Казанцев М.А. О задачах оптимизации в системе планирования и диспетчеризации радиоэлектронного производства // Крымская Международная Математическая Конференция. Тезисы докладов. Том 3. – Симферополь: КНЦ НАНУ, 2013. С 37.
14. Чемидов И.В., Казанцев М.А., Капулин Д. В. Интеграция систем складского учета и комплектации с системой планирования и диспетчирования производства // Материалы XVI Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию. г. Красноярск, Россия. 28-30 октября 2015 г. С. 97.
15. Казанцев М.А., Легалов А.И., Чемидов И.В. Взаимодействие систем складского учета и комплектации с системой планирования и диспетчеризации производства в едином информационном пространстве предприятия радиоэлектронной промышленности // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов XI Международной научно-практической конференции (25–27 ноября 2015 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2015. С. 205-209.
16. Казанцев М.А., Чемидов И.В., Капулин Д. В. Особенности применения автоматизированных складских комплексов в радиоэлектронном производстве // Системы связи и радионавигации: сб. тезисов / науч. ред. В.Ф. Шабанов – Красноярск: АО «НПП «Радиосвязь», 2016. – 472 с. 428-431.
17. 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. – С. 76-80.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:

18. Казанцев М.А., Чемидов И.В. // Программа управления автоматизированными складскими комплексами KARDEX SHUTTLE XP // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013619118 от 25 сентября 2013 г.

19. Есюкова Е.Г., Казанцев М.А. // Формирование печатных форм сопроводительных карт // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014610660 от 15 января 2014 г.
20. Есюкова Е.Г., Казанцев М.А. // Подсистема обработки и доведения номенклатурно-плановых заданий и приказов цехам заготовительного и механосборочного производства // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014615110 от 19 мая 2014 г.

Казанцев Михаил Александрович
Информационная поддержка опытного, позаказного
и мелкосерийного радиоэлектронного производства

Автореферат
Подписано к печати 30.11.2018. Формат 60х84/16
Уч. изд. л. 1.0 Тираж 100 экз. Заказ № 286
Отпечатано в типографии АО «НПП «Радиосвязь»
660021, г. Красноярск, ул. Декабристов, 19