

**На правах рукописи**

**ХАРИТОНОВ Александр Васильевич**

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МОНТАЖА  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ**

**Специальность 05.02.22 – Организация производства (машиностроение)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

**Самара - 2008**

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» и Федеральном государственном унитарном предприятии «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ – ПРОГРЕСС».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
Коптев Анатолий Никитович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Морозов Владимир Васильевич  
кандидат технических наук  
Арцытов Николай Федорович

Ведущая организация: ГОУ ВПО «Самарский государственный  
технический университет»

Защита состоится 28 ноября 2008 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.215.03 при ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» по адресу: г. Самара, 443086, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева».

Автореферат разослан 27 октября 2008 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат технических наук

Клочков Ю. С.

Актуальность темы. Электротехническое оборудование летательных аппаратов (ЭТО ЛА), играющее ключевую роль в комплексировании всех видов оборудования ЛА и включающие жгуты электрических проводов, распределительные и коммутационные устройства, устройства управления и контроля, объединенные в систему передачи и распределения энергии, аналоговой и цифровой информации, в значительной степени определяет надежность функционирования всех систем устанавливаемого на борт оборудования. Трудоемкость изготовления компонент этого оборудования, связанного в основном с электромонтажом, имеет тенденцию к увеличению и составляет 20-25% от общей трудоемкости изготовления ЛА в целом.

Многообразие и сложность процессов изготовления ЭТО ЛА, высокие требования к его надежности, с одной стороны, и человеческий фактор, оказывающий существенное влияние в рамках "человеконаполненной" организационной системы производства этого оборудования, с другой - обусловили интерес к научно-техническому обеспечению качества изготовления этого оборудования на основе принятых в ракетно-космической промышленности (РКП), руководящих технических материалов (РТМ), стандартов.

Тщательное изучение и формализация основных этапов производства в рамках "человеконаполненной" системы изготовления ЭТО ЛА необходимо для успешного решения проблемы создания на этой основе высокоэффективной системы организации электромонтажных работ, т.е. системы, обеспечивающей непрерывное отслеживание качества изделия по оперативным показателям, посредством операционного контроля в течение монтажа, что повышает надежность устройств и оборудования в целом.

К настоящему времени проблемы проектирования высокоэффективных сборочно-монтажных производств не нашли должного отражения в литературе. Наиболее важными и в определенной части основополагающими для построения знаковых ТП представляются работы В.В. Налимова и Т.И.Голиковой, а также К.Хартмана, Э.Лецкого, В.Шеффера, В.Г.Горского, Ю.П. Адлера. В этих работах рассматриваются вопросы планирования экспериментов и построения регрессивных моделей объектов производства, что, однако, составляет лишь часть вопросов, относящихся к проектированию, особенно сборочно-монтажных работ. Лишь в работе А.Н. Коптева, А.А.Миненкова, Б.Н.Марьина, Ю.Л. Иванова были сформулированы теоретические основы организации производства ЭТО ЛА, математического моделирования процессов монтажа.

Цель работы. Цель диссертационного исследования – повышение эффективного функционирования производственных процессов монтажа электротехнического оборудования летательных аппаратов.

Для достижения поставленной цели в диссертации были определены следующие задачи:

- анализа (с позиций системных категорий) состояния теории организации и ее связи с электротехническим производством предприятий ракетно-космического комплекса;
- исследования технологических и технических решений на уровне организации процессов монтажа электротехнического оборудования летательных аппаратов;
- формальной постановки задачи проектирования организационной структуры производства электротехнического оборудования летательных аппаратов;
- разработки метода формального представления типовых структур электросборок электротехнического оборудования летательных аппаратов;
- разработки модели организации системы управления процессами монтажа бортовых электросборок;
- разработки функциональной и структурной схем организации системы управления монтажом;

- построения модели производственной системы монтажа электротехнического оборудования летательных аппаратов;
- разработки системы автоматизированного управления производством электротехнического оборудования.
- разработки комплекса показателей многокритериальной оценки организационной структуры производства электротехнического оборудования летательных аппаратов.

Область исследования. Разработка научных, методологических и системотехнических основ проектирования организационных структур предприятий и организации производственных процессов. Стратегия развития и планирования организационных структур и производственных процессов (паспорт научной специальности 05.02.22 п.1.).

Объект исследования. – система организации процессов монтажа на предприятиях ракетно-космического машиностроения.

Предмет исследования – методы, модели, алгоритмы и средства проектирования и реализации организационной структуры производства электротехнического оборудования летательных аппаратов на предприятиях ракетно-космического машиностроения.

Методы исследования. Методы исследования связаны с применением аппарата системного анализа, математической логики, теории марковских процессов, теории графов математического моделирования, теории управления организационными системами.

Научная новизна состоит в том, что :

- сформулированы и решены задачи разработки методов построения организационной структуры производства электросборок, позволившие на основе этих решений осуществить научно-организационное совершенствование производственных процессов монтажа электротехнического оборудования летательных аппаратов;
- разработан метод моделирования основных процессов изготовления бортовых электросборок, положенный в основу проектирования функциональной и структурной схем производственной системы монтажа электротехнического оборудования летательных аппаратов в ракетно-космическом машиностроении;
- созданы модель и методика оценки оптимального количества рабочих мест исходя из условия минимизации производственных затрат, позволившие находить и прогнозировать оптимальные соотношения производственных мощностей в зависимости от планируемого объема электросборок;
- предложен комплекс показателей многокритериальной оценки параметров организационных структур совершенствования производства, позволивший решить задачи оптимизации структур управления монтажом для выпуска продукции, удовлетворяющей требованиям РТМ в ракетно-космическом центре.

Практическая значимость. Практическая значимость диссертации состоит в том, что применение разработанных автором методов анализа объектов производства, синтеза и расчета параметров ТП их изготовления и критериев оценки предложенных решений позволило осуществить совершенствование организационной структуры производства электротехнического оборудования и предложить систему автоматизированного производства электросборок ЛА.

Предложенные методы имеют *особую актуальность* для создания производства новых типов изделий.

Научные положения и результаты, выносимые на защиту:

1. Методы построения организационной структуры производства электросборок ЛА с использованием представлений и расчета передаточных функций технологических компонентов.

2. Модель взаимодействия систем проектирования и управление производственными процессами сборки, монтажа и контроля электросборок ЛА на базе марковских цепей в рамках теории систем массового обслуживания;

3. Методика многокритериальной оценки организационной структуры производства ЭТО ЛА.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы внедрены в производство электротехнического оборудования летательных аппаратов в ФГУП «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ – ПРОГРЕСС» и переданы для организации производства самолета «Резачок», а также в ОАО «Национальный институт авиационных технологий» (НИАТ), г. Москва - для создания руководящих технических материалов по монтажу бортовых токораспределительных устройств пультов защиты и управления в подразделения производства аэрокосмической техники.

Апробация работы. Основные положения диссертации на XI Всероссийском семинаре по управлению движением и навигации летательных аппаратов (Секция производства и эксплуатации летательных аппаратов), Всероссийской научно-практической конференции по актуальным проблемам проектирования, производства и эксплуатации изделий машиностроения (г. Самара, 2001).

Публикации. По теме диссертационной работы автором опубликовано 10 работ, в т.ч. 2 статьи – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 115 наименований. Общий объем диссертации составляет 154 страницы машинописного текста.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

*Во введении* обоснована актуальность темы, сформулирована проблема исследования, определена цель работы и круг решаемых задач, отмечена ее практическая направленность и научная новизна.

В *первой главе* «Состояние и пути развития производства электротехнического оборудования летательных аппаратов» рассмотрены состояние и проблемы организации производственных структур, методы их оценки, тенденция развития теории, проблемы современного развития производственных структур, которые связаны с решением проблем производства ЭТО ЛА, в том числе с обеспечением технологичности изделий при единичном и мелкосерийном производстве. Исследована специфика электротехнического производства предприятий ракетно-космического центра и возможные пути его развития.

Отмечены следующие изменения в производстве электротехнического оборудования летательных аппаратов:

1) стремительно выросла номенклатура изделий, связанная с требованиями отдельных заказчиков; отсюда – резкое увеличение информационных потоков;

2) значительно усложнилась технология изготовления изделий, быстро выросло количество операций при монтаже, контроле и испытаниях, отсюда резко повысилась трудоемкость в этом производстве;

3) резко повысились требования к свойствам материалов, что привело к увеличению трудоемкости испытательных работ при входном контроле этих материалов;

4) значительно сократилось время на технологическую подготовку производства. Выполнение этого этапа в плановые сроки становится не по силам человеку, и поэтому неизбежно применение электронно-вычислительной техники;

5) прекратился приток рабочей силы, особенно рабочих высокой квалификации, что выдвигает на первый план работы по передаче функций человеческого труда различным техническим системам, т.е. изменение типа связей между человеком и техникой;

6) повысились требования к экономическим показателям ракетно-космической техники (РКТ), связанной с выходом отечественных производителей на международный рынок;

7) необходимость соблюдать международные стандарты обеспечения качества не только готовой продукции, но и организационных структур производства РКТ.

В настоящее время в связи с вышеперечисленными изменениями в производстве электротехнического оборудования летательных аппаратов возникли серьезные трудности, которые связаны с решением целого ряда проблем.

Во-первых, с обеспечением технологичности изделий при единичном и мелкосерийном производстве, так как при таком производстве затруднена его интенсификация, велика трудоемкость, требуются высококвалифицированные рабочие.

Во-вторых, электротехническое производство отличается многообразием и сложностью изделий, собираемых из ограниченного количества деталей и узлов, широкой номенклатурой используемых материалов, разнообразием технологических процессов, большим объемом сборочно-регулирующих работ и контрольно-испытательных операций, быстрой сменой выпускаемых изделий и модернизацией их в процессе производства, а значит, необходимостью освоения новых технологических процессов, частого переналаживания производства и переоборудования участков и рабочих мест.

В-третьих, одной из важнейших проблем организации производства является исследование и выработка рациональных действий на основе анализа организационно-экономических эффектов, связывающего физические и функциональные характеристики ЭТО с величинами, определяющими степень реализации функций всего производства.

Эффективное освоение и производство высококачественных новых изделий в электротехническом производстве РКК становится возможным только благодаря разработке и освоению в этом производстве монтажных операций на базе новых организационных структур. Однако сложившаяся к настоящему времени практика освоения производства объектов электротехнического оборудования летательных аппаратов (ЭТО ЛА) во все большем числе случаев оказывается неспособной обеспечить устойчивое формирование высокоэффективных технологических решений в рамках существующих организационных форм.

Во второй главе «Разработка методов построения организационной структуры производства электросборок летательных аппаратов» показано решение одной из основных задач подготовки производства ЭТО ЛА – разработка технологического процесса монтажа и организационной структуры его реализации.

Задача проектирования организационной структуры производства (ОСП) понимается как цель, данная в определенных условиях, и представлена как трехкомпонентная система

$$\langle D_a, D_{тр}^*, D_{усл} \rangle, \quad (1)$$

где  $D_a$  – некоторый предмет задачи (ОСП) в актуальном (текущем, исходном) состоянии. Для описания начальной ситуации используются схемы аксиом вида

$$N(x, S_n), \quad (2)$$

где  $N \in P$ ,  $S_n \in S$ ,  $x \in A$ .

В этом случае  $S_n$  - конкретное начальное состояние,  $x$  - элемент множества узлов,  $A$  - константа, имеющая существенное отношение к начальной ситуации. Для начальной ситуации предикат  $P$  не обязательно будет двухместным предикатом.

$D_{тр}^*$  - императивная (виртуальная) модель желаемого состояния этого предмета (ОСП) или модель потребного будущего;

$$S_k = F_1(x, F_2(x, \dots, F_{n-1}(x, F_n(x, S_n))) \dots) = F_1 \cdot F_2 \dots F_n(x, S_n). \quad (3)$$

$D_{\text{усл}}$  - условия, ограничения, которые должны быть выполнены в процессе перевода предмета задачи (ОСП) из его актуального состояния в требуемое, которые могут быть записаны следующим образом

$$\forall S \{P(x, S) \Rightarrow Q(x, F(x, S))\}, \quad (4)$$

где  $P$  - своего рода начальные условия, а  $Q$  - конечные условия по отношению к оператору  $F$ .

$D_{\text{усл}}$  – условия реализации ОСП или ограничения на временные, трудовые, материальные ресурсы  $Q$  реализации проекта ТП. ЗПП в обобщенной постановке может быть представлена кортежами

$$\text{ЗПП} = \langle M(O)_{\text{ц}}, M(O)_{\text{пр}}, Q \rangle = \langle \langle FnM'(O), Z', Y', X', G \rangle, M(O)_{\text{пр}}, Q \rangle, \quad (5)$$

где компоненты  $Z', Y', X', G$  являются в общем случае векторами, имеющими свои размерности.

Требования к функциональным свойствам ОП задаются в постановке ЗПП в форме модели  $F_nM(O) \subseteq Y_n \times Z$ . Требования к условиям функционирования ОП  $Z'$  задаются допустимыми областями множества возможных состояний среды (внешних  $Z_y$  или окрестностных  $Z_0$  условий), а также продолжительностью функционирования  $Y_n''$ .

Требования к свойствам ОП помимо  $F_nM(O)$  ограничивают:

а) допустимую область множества возможных значений внешних (существенных и утилитарных) свойств ОП  $Y'$  для всех  $z \in Z$ ;

б) допустимую область множества возможных значений внутренних (сущностных) свойств объекта  $X'$ , которые характеризуют принципы его построения/действия и обуславливают обладание множеством внешних свойств  $Y$ , согласованных с  $F_nM(O)$ .

Границы допустимой области множества значений сущностных свойств объекта  $X'$  часто определяются ресурсами, необходимыми для реализации ОП. В общем случае ограничения могут касаться ресурса какого-либо одного вида (материалоемкости интегральной или по конкретным классам материалов, трудоемкости, энергоемкости, фондоёмкости и т.д.) или одновременно нескольких видов.

Условия решения ЗПП задаются допустимой областью значений ресурсов  $Q$ , выделенных для реализации проекта ТП, в том числе и его разработки. В качестве таких ресурсов обычно рассматриваются продолжительность создания проекта ТП, общая трудоемкость, полная стоимость решения ЗПП. При этом стоимость проектирования может выражаться не только в виде денежных расходов, но и в количестве дефицитных материалов, времени использования уникального оборудования и т.п.

Условия предпочтения в допустимой области множества возможных решений ЗПП определяются следующим.

А. Критерием эффективности или совершенства (КС), функцией ценности или качества объектов  $G$ , которые обобщенно характеризуют ценность данного ОП по ряду особо выделяемых его внешних и/или внутренних свойств, а также параметров функционирования ( $Y'', X'', Z''$ ). Последние признаются важнейшими по отношению к основной цели создания ОП, поэтому требования к ним представляются невозможным или нецелесообразным формулировать только в виде ограничений. В общем случае  $G \subseteq Y'' \times X'' \times Z''$ .

Предпочтение должно быть отдано проектному решению с таким набором значений внешних  $\hat{y} \in Y$  и внутренних  $\hat{x} \in X$  свойств, реализуемых при  $\hat{z} \in Z$ , что

$$\hat{G}(\hat{y}, \hat{x}, \hat{z}) \geq G(y, x, z) \quad (6)$$

для всех допустимых  $y \in Y, x \in X, z \in Z$ .

Б. Оценочной функцией  $M$ , соотносящей внешние и внутренние свойства ОП при  $z \in Z$  с затратами (ресурсами)  $Q$ , необходимыми для реализации проекта ТП. В общем случае  $M: (Y \times X \times Z) \rightarrow Q$ , и оценочная функция  $M$  характеризует затраты, определяемые в виде различных ресурсов (временных, трудовых, материальных и т.п.) на создание ОСП с данным набором свойств. Предпочтение должно быть отдано проектному решению с таким набором внешних  $\hat{y} \in Y$  и внутренних  $\hat{x} \in X$  свойств, реализуемых при  $\hat{z} \in Z$ , что

$$\hat{M}(\hat{y}, \hat{x}, \hat{z}) \geq M(y, x, z) \quad (7)$$

для всех допустимых  $y \in Y, x \in X, z \in Z$ .

Все многообразие глобальных целевых ориентаций ЗПП любых ОП сводится к двум: а) максимизировать эффективность  $G$  проектируемой ОСП, реализующей проект ТП (допустимые затраты на процесс проектирования и реализации  $Q$  задаются в виде ограничений); б) минимизировать затраты  $Q$  (временные, трудовые, материальные), необходимые для реализации процесса проектирования и реализации проекта ТП (требования к внешним  $Y$ , внутренним  $X$  свойствам и условиям функционирования  $Z$  ОП задаются в виде ограничений).

В качестве примера поставлена и решена задача проектирования ОСП «Изготовление электросборок изделий на основе объемного монтажа» с учетом требований: к свойствам изделий производства; к свойствам изделий производства; к среде реализации ОСП; к внешним свойствам ОСП; к оборудованию, реализующему ОСП, и условиям его функционирования; к комплекту технической документации ОСП; к ресурсам решения задачи проектирования ОСП с учетом ограничений на внутренние свойства и соответствия критериям эффективности ОСП

В *третьей главе* «Моделирование производственных процессов монтажа электросборок летательных аппаратов» проведен анализ решения задачи формального проектирования, который показал необходимость комплексного подхода к реализации структуры организации монтажа электрооборудования. Внедрение этой системы подразумевает изменение не только принципов функционирования монтажно-сборочной стадии, но и накладывает дополнительные требования на структуру производства в целом:

1. Автоматизированное рабочее место электромонтажника является основной производственной ячейкой, на которой замыкаются все производственные потоки, поэтому в структуре управления производством оно является управляемым основным звеном.

2. Внедрение нового технологического процесса, совмещенного с операционным контролем, требует быстрого обслуживания каждого АРМЭ по их запросу на контроль.

3. Информационные и материальные потоки, обеспечивающие АРМЭ нормативно-технологической информацией, материалами и комплектующими изделиями, должны поступать в заданное время и сроки.

4. Все звенья структуры автоматизированного управления производством электросборок должны быть оптимизированы по использованию технических средств, технологического оборудования и временных ресурсов.

Таким образом видно, что изменения затрагивают все стадии проектирования производства, делая их гибко взаимодействующими друг с другом.

Целью системы является снижение брака изделий и повышение надежности продукции - электросборок.

Цель достигается за счет решения следующих задач:

- введение операционного контроля, как необходимой составляющей технологического процесса;
- снижение требований к квалификации, опыту и способностям электромонтажника;



- автоматизация рабочего места электромонтажника с целью улучшения эргономических условий;
- оптимизация информационного обеспечения электромонтажника технологической документацией на рабочем месте;
- постоянная оценка качества монтажа и одновременное составление матрицы качества изделия;
- интегральная оценка качества электросборки.

Систему управления качеством монтажа ЭТО можно представить как структуру взаимодействия систем проектирования и управления процессами монтажа в виде иерархической графовой модели изображенной на рисунке 1. Верхние уровни представляют собой уровни проектирования компоновок элементов и трасс электрических соединений в электросборке, технологии монтажа и программ контроля электросборок, а нижний уровень – уровень управления непосредственно технологическими процессами монтажа и контроля, который представлен более подробно. Для формализованного описания процессов проектирования и управления на всех уровнях введем математические функции, проектные переменные, ограничения и определения, позволяющие представить все процессы в виде математических зависимостей.

Монтажное пространство электросборки задано функцией  $G=f(x,y,z, \Theta)$ , где  $G$  - множество монтажных элементов, размещенных в ограниченном конструкцией электросборки объеме по координатам  $x,y,z$ , при выполнении всех требований типовых технологических операций, заданных множеством  $\Theta$ .

Трассы электрожгута в электросборке заданы функцией  $S=f(x,y,z, \Theta)$ , где множество  $S$  проводов, размещенных в монтажном объеме электросборки, топология, которых определена координатами  $x,y,z$ , при выполнении всех технологических требований, заданных множеством  $\Theta$ .

Технологическая последовательность – это последовательное выполнение типовых технологических операций, заданных множеством  $\Theta$  в монтажном пространстве электросборки над множествами элементов  $G$  и проводов  $S$ .

Кадр контроля – это минимальное подмножество выполненных технологических операций, при которых создается электрическая цепь или совокупность электрических цепей, выходящих на клеммы соединителей, через которые можно осуществить контроль монтажа.

Опишем каждый уровень от процесса проектирования до управления процессами изготовления.

1. Компоновка элементов монтажа в заданном объеме  $G=f(x,y,z, \Theta)$ , где  $x,y,z$  – варьируемые при проектировании координаты элементов  $G$  при выполнении технологических требований функции  $\Theta=const$ . На этом уровне проектируется сама электросборка и схема расположения элементов в ней согласно требованиям РТМ и производственных инструкций;

2. Компоновка электрических связей (проводов) в трассы электрожгута  $S=f(x,y,z, \Theta)$ , где  $x,y,z$  – варьируемые при проектировании координаты монтажных точек и точек преломления (изгиба) трасс жгута, а  $\Theta$  - функция, учитывающая технологические требования для каждого элемента трассы,  $\Theta=const$ . Здесь проектируются жгутовые соединения как

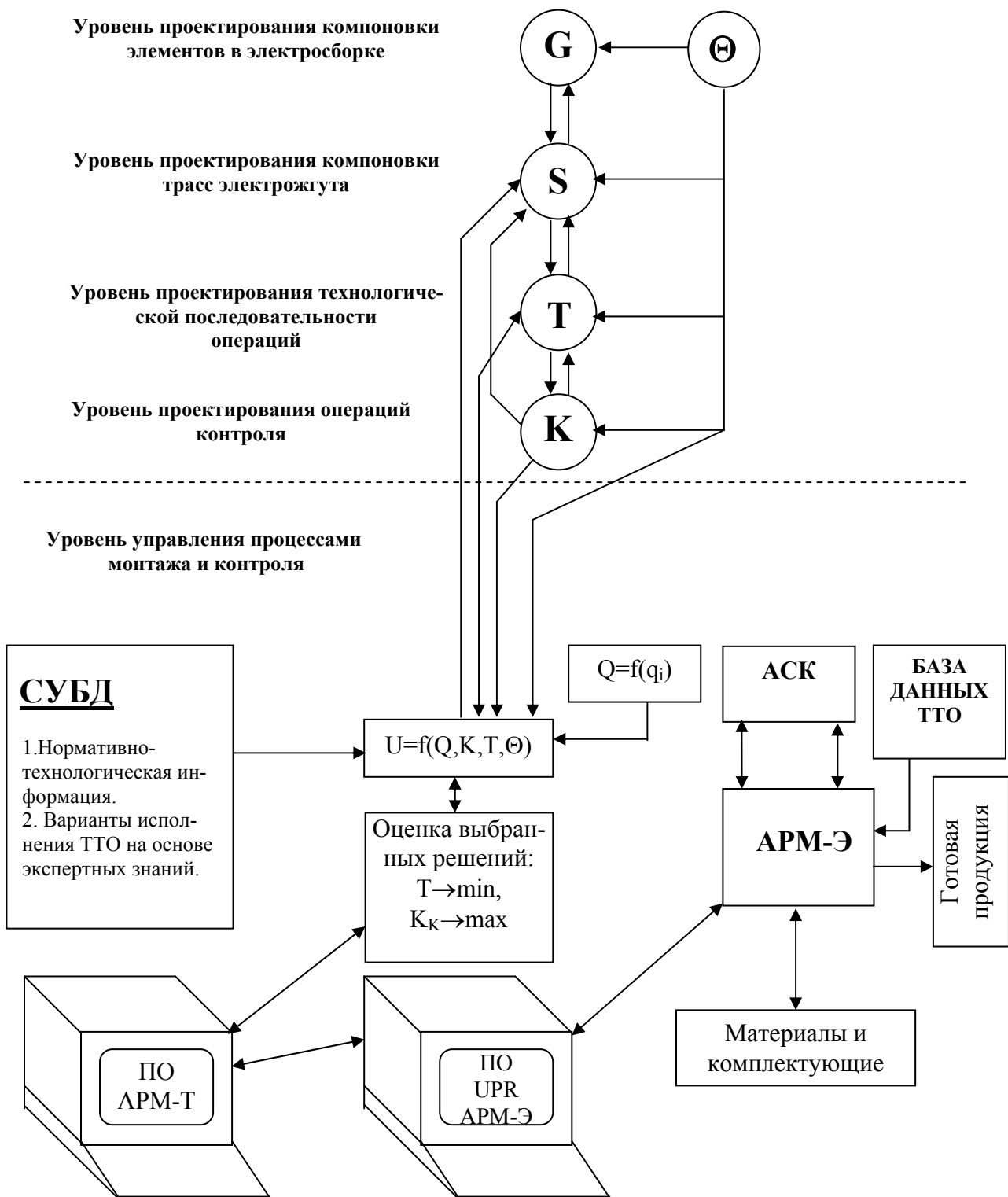


Рисунок 1 – Модель организации системы управления процессами монтажа бортовых электросборок

совокупность трасс проводов, указываются места установки бандажей, точек крепления ствола электрожгута, а также формируется вид готовой электросборки и документация на нее;

3. Технологическая последовательность выполнения операций монтажа  $T=f(G,S,\Theta)$ , где  $T$  имеет множество решений в области допустимых значений  $\Theta$ . Проектируются технологические шаги с учетом необходимости операционного контроля и согласно требованиям РТМ;

4. Последовательность выполнения кадров контроля  $K=f(S,T,\Theta)$ , где  $K$  имеет множество решений в области допустимых значений  $\Theta$ .

Необходимость создания новых аппаратных средств диктуется и новыми задачами, ставящимися перед предприятием. Взаимодействие программных и аппаратных средств, на протяжении всего цикла проектирование-производство-контроль должно находиться в едином безбумажном информационном поле [3,69], что диктуется CALS идеологией.

На рисунке 2 приведена функциональная схема технического обслуживания производства ЭТО ЛА, представляющая собой реализацию последовательности групп технологических операций.

$$\begin{cases} U'_1 = \{t_1, t_2, \dots, t_n\} \cap K_1 \\ U'_2 = \{t_{n+1}, t_{n+2}, \dots, t_m\} \cap K_2 \\ \dots \\ U'_i = \{t_{z+1}, t_{z+2}, \dots, t_r\} \cap K_i \end{cases} \quad (8)$$

где  $U'_i = \{t_n, t_{n+1}, \dots, t_m\} \cap K_i \quad (9)$

$U'_i$  - группа операций технологического процесса;

$t$  - функция, описывающая технологическую операцию;

$K_i$  - функция, описывающая кадр контроля;

Для исследования параметров производственной системы разработана модель на базе марковского представления систем массового обслуживания, т.е. сетью, на основе которой определена стоимость потерь

$$G = \sum_{k=1}^3 (q_{k_{ож}} + M_{k_{ож}} + q_{k_{прост}} + N_{k_0} + q_k N_{k_3}) T \quad (10)$$

где  $q_{k_{ож}}$  - стоимость потерь, связанных с ожиданием заявки в очереди;

$M_{k_{ож}}$  - длина очереди ожидания;

$q_{k_{прост}}$  - стоимость единицы времени простоя одного прибора;

$N_{k_0}$  - количество простаивающих приборов;

$q_k$  - стоимость эксплуатации каждого прибора системы в единицу времени;

$N_{k_3}$  - количество занятых приборов;

$G$  - общая стоимость потерь в системе;

$k$  - фаза СМО;

$T$  - интервал времени.

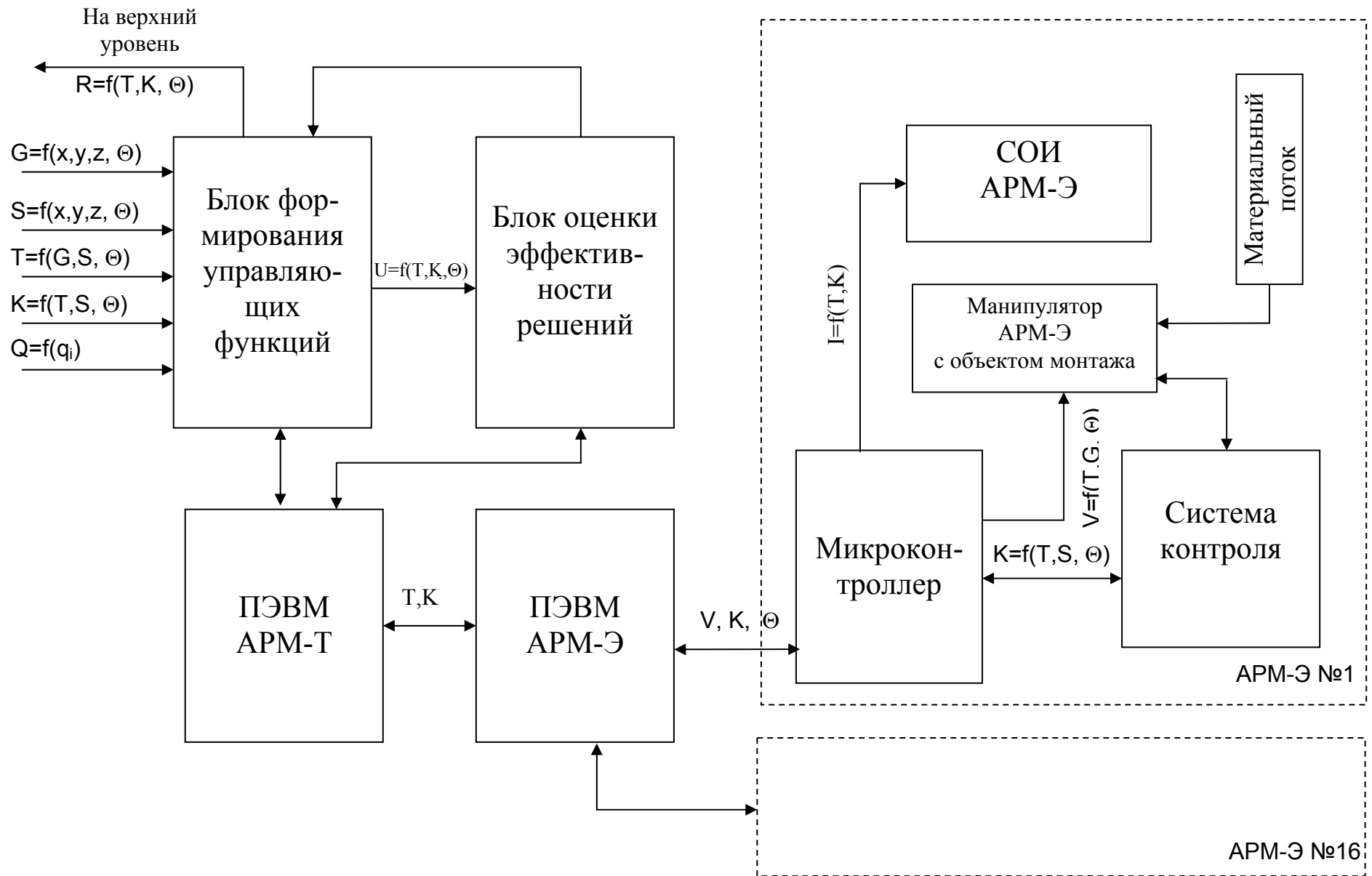


Рисунок 2 – Функциональная схема организации управления монтажом

Исследован процесс монтажа в рамках предложенной модели производственной системы монтажа. На базе данных ФГУП «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс» построен график суммарных издержек (рисунок 3).

Предложенная методика позволяет находить и прогнозировать оптимальное соотношение производственных мощностей в зависимости от планируемого объема производства электросборок при внедрении инноваций, влияющих на время производства, а также при других производственных изменениях. Она также позволяет решать обратную задачу расчета возможностей производства, исходя из имеющихся мощностей. Это позволяет минимизировать издержки производства, что является одним из основных условий его эффективности.

В четвертой главе «Системы автоматизированного управления производством электросборок» проведен синтез организации реального процесса производства. Разработаны алгоритмы функционирования всех звеньев автоматизированной системы управления процессами производства ЭТО ЛА в рамках предложенной сквозной концепции организации автоматизированного изготовления электросборок (рисунок 4 и рисунок 5).

На основе исходных документов, текущих извещений по изменению конструкторской документации и технических требований формируется множество файлов, из которых для решения поставленной задачи выделены четыре:

1. Чертеж компоновки элементов в электросборке  $G=f(x,y,z, \Theta)$ ;
2. Схема трасс электрожгута в электросборке  $S=f(x,y,z, \Theta)$ ;
3. Карта технологического процесса  $T=f(G, S, \Theta)$ ;
4. Программа операционного и функционального контроля  $K=f(S, T, \Theta)$ .
5. Комплектовочная ведомость на электросборку (материальный поток).

На этапе технологической подготовки (рисунок 4) в качестве исходных данных используются выше перечисленные документы, включая БД ЭТО и экспертную базу знаний, представляющая собой совокупность технологических решений предшествующего опыта квалифицированных специалистов. Нормативно-технологические требования, используемые в базе данных, формируются на основе производственных инструкций, отражающих специфику производства предприятия.

Блок формирования управляющих функций технологическим процессом, процессами контроля и графической информации этих процессов  $U=f(T, K, I, \Theta)$  позволяет спроектировать технологический процесс, совмещенный с операционным контролем правильности монтажа и контрольно-измерительными операциями.

Блок формирования последовательности технологических и контрольных операций  $U=f(Q, K, T, I, \Theta)$  выделяет фрагменты технологической последовательности, которые формируют целостные электрические цепи, и включает в этот фрагмент, соответствующий тест контроля правильности выполненного монтажа и контрольно-измерительный тест параметров электрических цепей. На выходе этого блока формируется технологическая последовательность монтажно-сборочных и контрольно-измерительных операций, которая может быть использована исполнителем монтажа в трех вариантах в зависимости от уровня его квалификации. Также в этом блоке проверяется выполнение требований нормативных документов (рисунок 6).

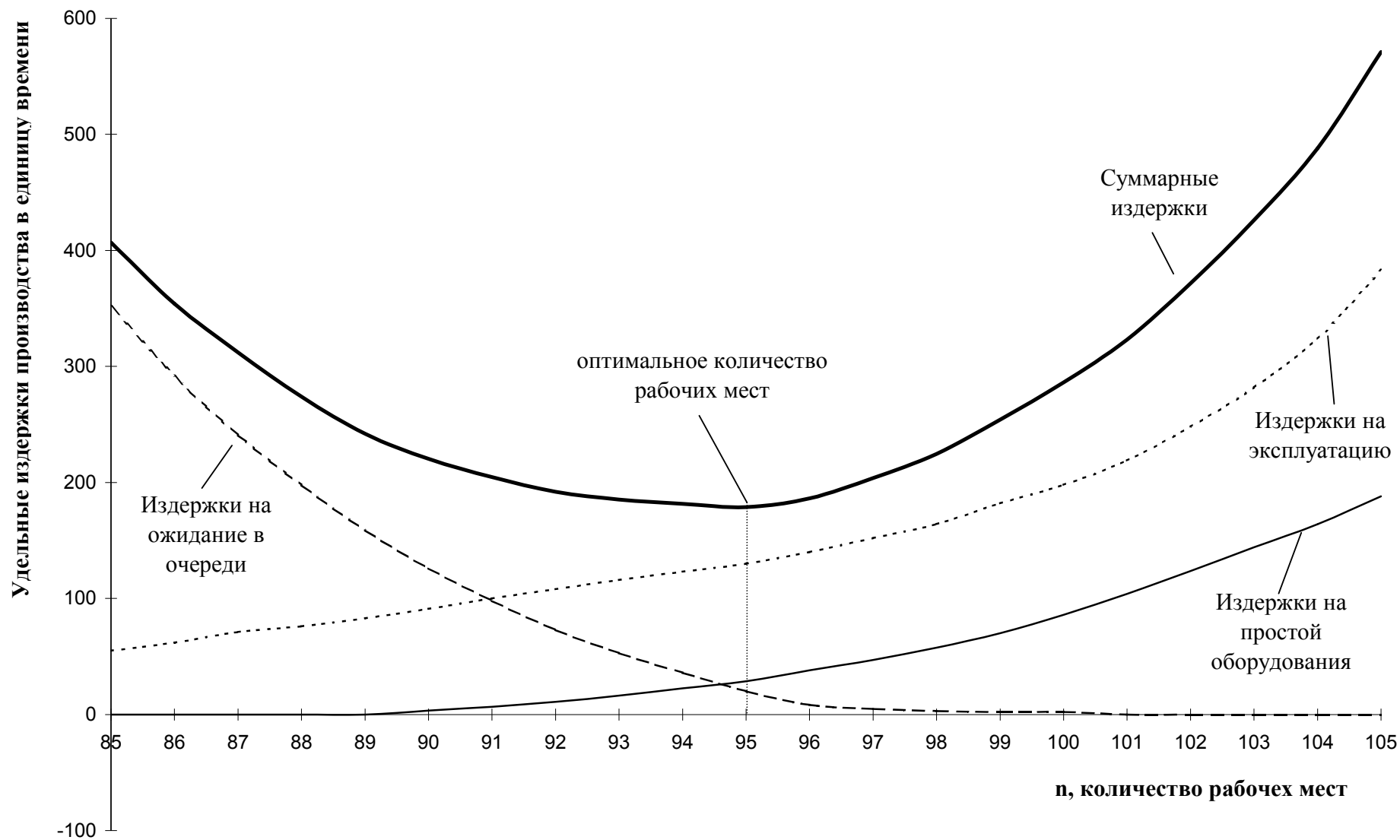


Рисунок 3 – Определение оптимального количества рабочих мест электромонтажников

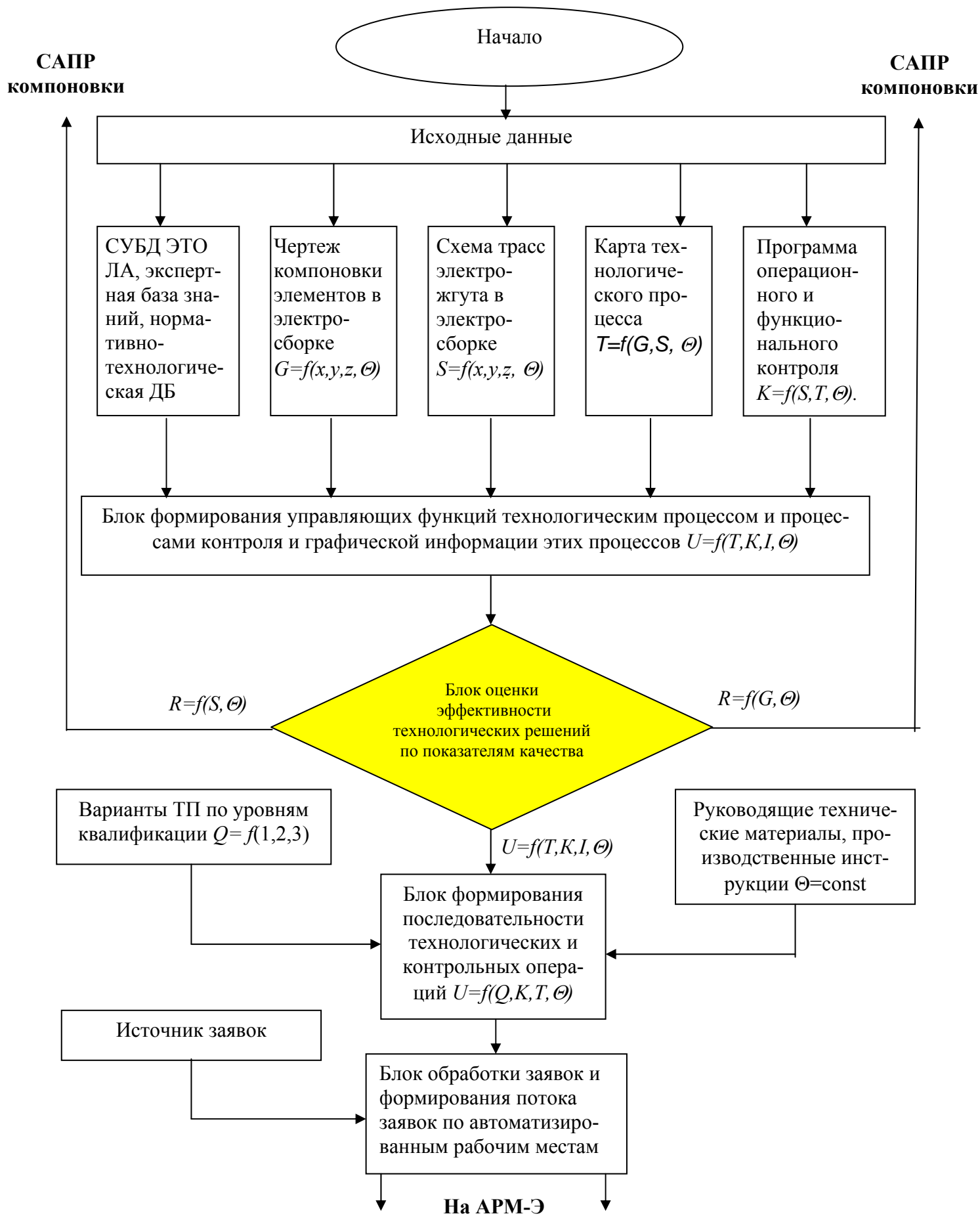


Рисунок 4 – Алгоритм функционирования системы на этапе подготовки производства электросборок

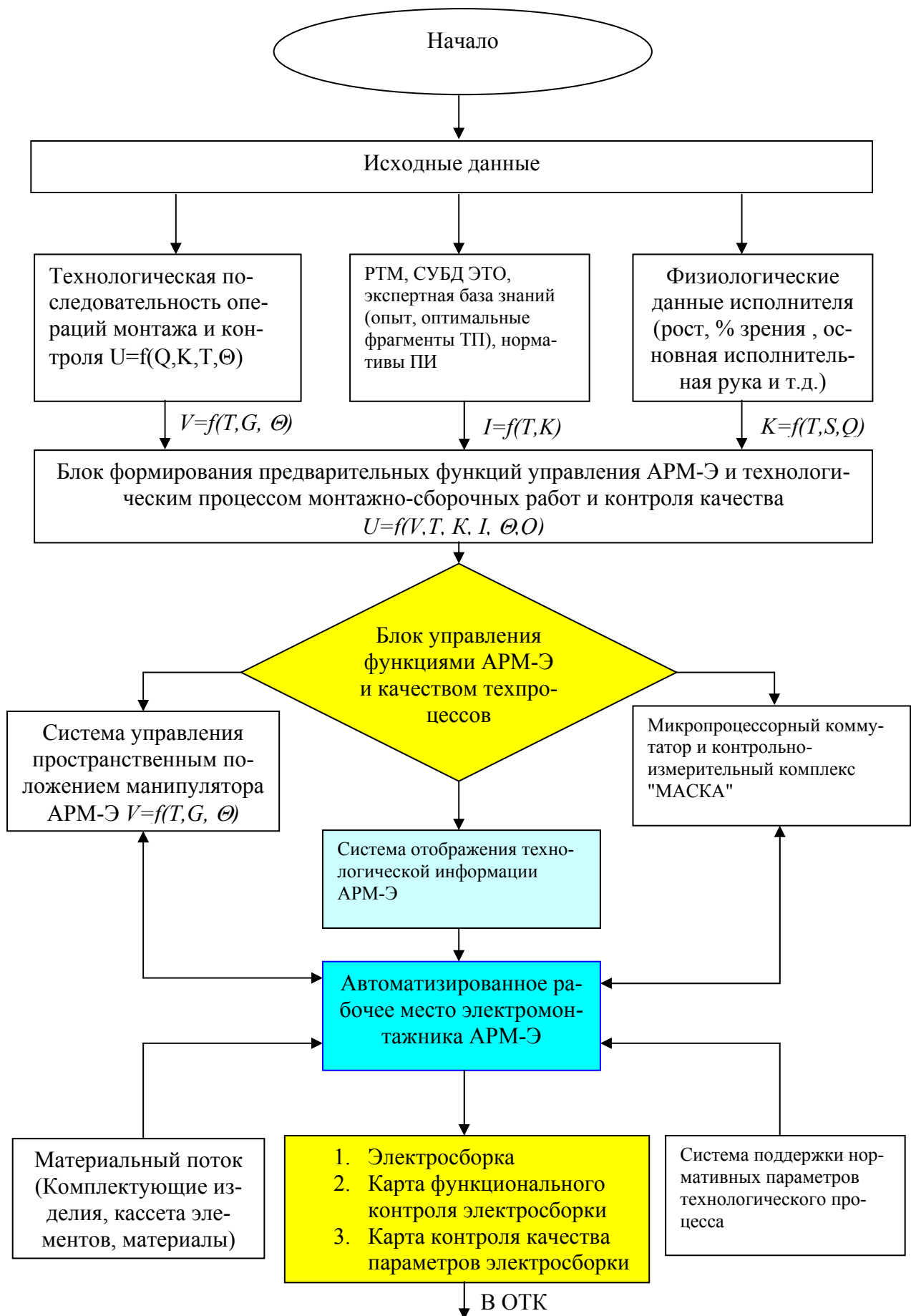


Рисунок 5 – Алгоритм функционирования автоматизированного рабочего места электромонтажника в системе управления качеством производства электросборок





Рисунок 6 – Система реализации организационной структуры производства ЭТО ЛА

## Основные выводы и результаты

1. Проведенный анализ электротехнического производства предприятий РКЦ в условиях рыночной экономики показал, что одной из важнейших проблем организации производства является исследование и выработка рациональных действий на основе анализа организационно-экономических эффектов, связывающего физические и функциональные характеристики ЭТО с величинами, определяющими степень реализации функций всего производства.

Показана необходимость и даны основные направления организационно-технологического развития научно-технологической подготовки производства ЭТО ЛА.

В рамках выполненных исследований сформулирована цель и решаемые в диссертации задачи.

2. В рамках решения задачи проектирования производственных процессов монтажа, на основе исчисления предикатов первого порядка и системы аксиом, вводящей связь между элементами множества узлов и операторов преобразования монтажного пространства, разработана система формального синтеза ТП производства объектов ЭТО ЛА, топологического представления технологических операций и расчета передаточных функций как базы описания этих процессов.

3. Осуществлена формальная постановка задачи проектирования организационной структуры производства на основе ее представления в виде трехкомпонентной системы, учитывающей исходное, желаемое состояния и ограничения, которые должны быть выполнены в процессе перевода предмета задачи организационной структуры производства из его исходного состояния в требуемое.

4. Разработана модель производственной системы монтажа ЭТО ЛА и предложена методика определения оптимального количества рабочих мест, что позволяет минимизировать издержки производства в  $3 \div 3,5$  раза.

5. Разработана концепция организации АРМЭ, алгоритмы функционирования системы управления производством электросборок и взаимодействия информационных потоков при их монтаже, позволившая повысить производительность труда в  $5 \div 7$  раз.

6. Сформированы общие подходы к критериям эффективности и оценочным функциям. Разработаны количественные критерии оценки ОСП: организационный и прирост организационного эффекта, эффект инструментализации и эффект совершенствования, для оценки которого вводится величина инструментализационной эффективности, точности изготовления и критерий выбора.

7. Результаты работы внедрены в производство ЭТО ЛА изделий ГНП РКЦ «ЦСКБ - Прогресс» и используются при разработке руководящих материалов производства электросборок летательных аппаратов.

Выводы и результаты по диссертации в целом тесно связаны с поставленными целями и задачами работы и говорят об успешном их решении. Теоретические результаты составляют основу создания научно-технологической подготовки современного производства ЭТО ЛА и открывают перспективу дальнейших исследований по данной теме с целью создания теории электротехнического производства РКК.

## **Основные результаты диссертации опубликованы:**

*в ведущих рецензируемых научных изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации:*

1. Коптев, А.Н. Формальные методы анализа признаков диагностических показателей [Текст]/Коптев А.Н., Пашутко А.О., Тихонов А.Н., **Харитонов А.В.**// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - №5(13). – 2008. – С.92–97.
2. Коптев, А.Н. Оценка и выбор организационной структуры производства электротехнического оборудования летательных аппаратов [Текст] /Коптев А.Н., **Харитонов А.В.**// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - №5 (13). – 2008. – С.98–100.
3. Коптев, А.Н. Теоретические основы моделирования производственных систем [Текст]/ Коптев А.Н., **Харитонов А.В.**// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - №5 (13). – 2008. – С.101–105.

*в других изданиях*

4. Коптев, А.Н. Моделирование операционной последовательности преобразования объектов сборки и монтажа [Текст]/ Коптев А.Н., **Харитонов А.В.**// Сб. научн.трудов «Актуальные проблемы производства». – Самара: ИПО СГАУ, 2001. – С.67–83.
5. Коптев, А.Н. Некоторые вопросы технологического анализа электротехнического оборудования летательных аппаратов [Текст]/ Коптев А.Н., **Харитонов А.В.**// Научн.-техн. сб. «Эргатические системы: Организация, управление, автоматизация». - Ч. 2 – Самара: ИПО СГАУ, 2002. – С.47-60.
6. Коптев, А.Н. Анализ диагностических показателей при техническом обслуживании и ремонте летательных аппаратов [Текст]/ Коптев А.Н., **Харитонов А.В.** // Сб. научн. трудов «Неразрушающие методы контроля». – Самара: ИПО СГАУ. 2005. – С.15–25.
7. **Харитонов, А.В.** Проектирование организационной структуры производства электротехнического оборудования летательных аппаратов [Текст]/ Коптев А.Н., Харитонов А.А.//Сб. научн. трудов «Неразрушающие методы контроля». – Самара: ИПО СГАУ. 2005. – С.26–30.
8. **Харитонов, А.В.** Моделирование производственных систем монтажа электросборок летательных аппаратов [Текст]/ Коптев А.Н., Харитонов А.А.//Сб. научн. трудов «Неразрушающие методы контроля». – Самара: ИПО СГАУ. 2005. – С.31–41.
9. **Харитонов, А.В.** Структурная модель системы диагностического управления монтажом электросборок летательных аппаратов [Текст]/ Харитонов А.В.//Сб. научн. трудов Международного симпозиума «Надежность и качество», I том. – Пенза: ИПО ПГУ. 2008. – С.448–449.
10. Коптев, А.Н. Модель производственной системы электротехнического оборудования летательных аппаратов [Текст]/ Коптев А.Н., **Харитонов А.В.**//Сб. научн. трудов Международного симпозиума «Надежность и качество», I том. – Пенза: ИПО ПГУ. 2008. – С.449–450.