

УДК 658.511

Е.Г. Семенова, О.И. Васильев

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОЛНОВОДНЫХ СИСТЕМ

E.G. Semionova, O.I. Vasilyev

MANUFACTURING PROCESS SIMULATION AND OPTIMIZATION OF THE PRECISION FIGURINE DESIGNS OF WAVEGUIDE SYSTEMS

В статье рассматриваются результаты системного анализа производственных процессов изготовления прецизионных сложнопрофильных конструкций. Разработана и представлена организационная структура и функциональная модель предприятия. По итогам, проведенного автором, анализа в результате реинжиниринга ключевых и вспомогательных процессов, был улучшен ряд качественных характеристик конечного продукта.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, ПРОИЗВОДСТВО, ВОЛНОВОД, РЭА, ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД, IDEF0, BPWIN, ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРЕЦИЗИОННЫЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА, ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМООБРАЗОВАНИЕ, ИНФРАСТРУКТУРА, ТЕХНОЛОГИЯ.

In the article the results of a system analysis of the production processes of manufacturing precision figurine designs. Developed and presented the organizational structure and functional model of the enterprise. According to the results conducted by the author, as a result of the analysis and re-engineering of key support processes have been improved a several qualitative characteristics of the end-product.

SYSTEM ANALYSIS, PRODUCTION, WAVEGUIDES, ELECTRONICS, PROCESS APPROACH, IDEF0, BPWIN, FUNCTIONAL SIMULATION, PRECISION DESIGN FIGURINE, ELECTROPLATING, ELECTROCHEMICAL FORMATION, PRODUCTION FACILITY.

Постоянное усложнение производственно-технических и организационно-экономических систем – предприятий, производств и других субъектов производственно-хозяйственной деятельности, необходимость их анализа с целью совершенствования функционирования и повышения эффективности, обуславливает необходимость применения специальных средств описания и анализа таких систем. Эта проблема приобретает особую актуальность в технологиях изготовления прецизионных сложнопрофильных конструкций (ПСК) волноводных систем.

Высокие требования к качеству внутренних поверхностей и геометрических контуров таких ПСК и высокая стоимость импортной а за-

частую и невозможность ее использования в оборонном заказе, подчеркивает необходимость планирования, проектирования, и организации производства ПСК с использованием методов механической и гальванической обработки.

При сравнении эффективности использования технологии электрохимического формообразования с металлообработкой показывает следующие результаты:

экономия цветных металлов и сплавов – до 70%.

сокращение сроков выпуска изделий – в 5-6 раз.

снижение трудоемкости изготовления – в 4-6 раз.



сокращения сроков производства новых изделий – в 3-5 раз.

снижение расхода инструментальной и легированной сталей в среднем – в два раза.

сокращение затрат ручного труда – в 3-5 раз.

снижение расхода электроэнергии – в 8-10 раз.

сокращение капитальных вложений – в 4 раза. [1]

Реализация планов расширения производственных мощностей, должна отвечать задачам достижения единства современного уровня производства, методов организации труда и управления, обеспечиваемого применением международных стандартов качества ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Система менеджмента качества. Требования» и ГОСТ Р ИСО 14001-2007 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» [2].

Увеличение доли отечественных радиоэлектронных изделий, активизация инновационной деятельности и ускорение внедрения результатов научно-технической деятельности, создание современного высокотехнологичного производства подчеркивают актуальность темы в утвержденном распоряжении Правительства РФ от 15 декабря 2012 г. № 2396-р, паспорте государственной программы РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2015 годы».

Для реализации поставленной цели необходимо решить ряд следующих задач:

Провести анализ особенностей условий и принципов организации процессов производства прецизионных сложнопрофильных конструкций (ПСК) элементов волноводных систем;

Раскрыть особенности инфраструктурного обеспечения процессов производства ПСК как элементов СВЧ-устройств;

Разработать функциональные модели, критериев и процедур технологических процессов изготовления ПСК;

Разработать критерии и процедуры анализа и оптимизации организационных структур производства ПСК;

Организовать нормотивно-техническое обеспечение процессов производства ПСК;

Адаптировать принципы менеджмента качества к задаче управления инфраструктурой

предприятия.

Разработать модели процедур управления инфраструктурой производства ПСК, определить роль и место инфраструктурного обеспечения в основном технологическом процессе.

Говоря о системном подходе, можно говорить о некотором способе организации действий, который охватывает любой род деятельности, выявляя закономерности и взаимосвязи с целью их более эффективного использования. При этом системный подход является не столько методом решения задач, сколько методом постановки задач. Это качественно более высокий, нежели просто предметный, способ познания. Системный подход – направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов [3].

В большинстве случаев практического применения системного анализа для исследования свойств и последующего оптимального управления системой можно выделить следующие основные этапы:

постановка задачи;

сбор данных о системе;

построение модели изучаемой системы;

решение задачи с помощью модели;

проверка решения с помощью модели;

подстройка решения под внешние условия.

В каждом конкретном случае этапы системного анализа занимают различный «удельный вес» в общем объеме работ по временным, затратным и интеллектуальным показателям. Очень часто трудно провести четкие границы – указать, где оканчивается данный этап и начинается очередной [4]. В планировании работ были рассмотрены так же и другие этапы методик системного анализа известных авторов: С. Оптнера, Э. Квейда, С. Янга, Е.П. Голубкова, Ю.И. Черняка [5].

Моделирование процесса или, в общем случае, системы означает создание описания того, из чего эта система состоит, какими свойствами обладает и как работает. Естественно, что ни одна модель не может полностью воспроизвести систему, да в этом и нет необходимости: точная модель системы – это сама система. А модели, которые применяются на практике, описывают определенные существенные аспекты системы.

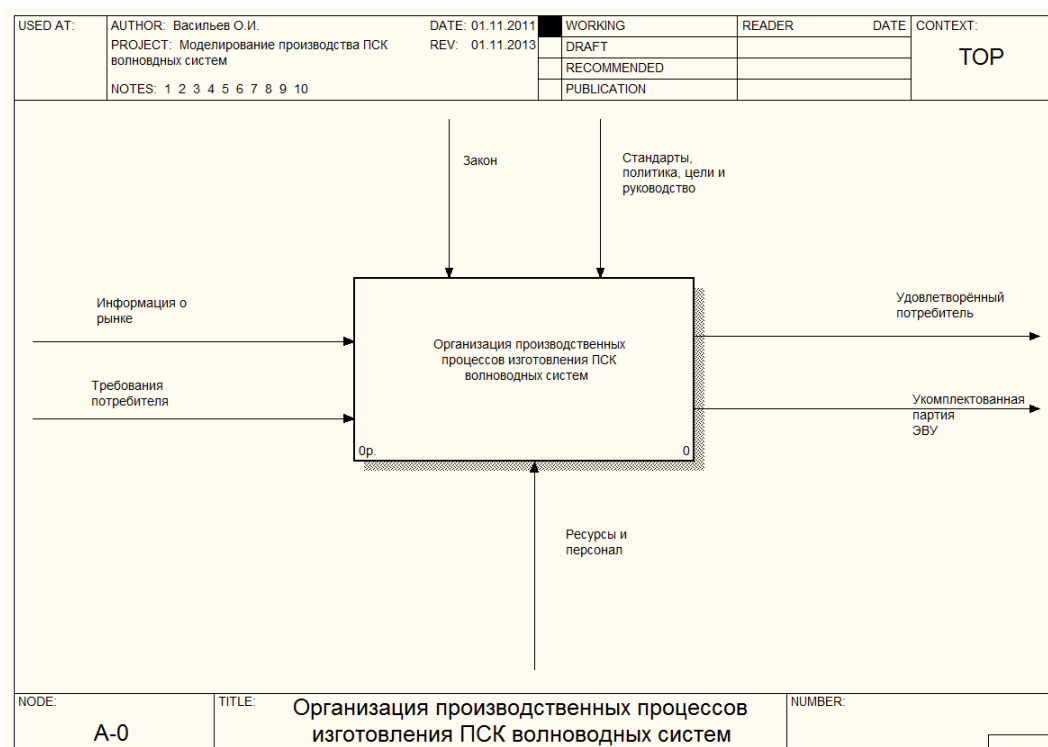


Рис. 2. Пример контекстной диаграммы «Организация производственных процессов изготовления ПСК волноводных систем»

Методология моделирования IDEF0 предназначена для анализа системы как множество взаимодействующих и взаимосвязанных функций. Ориентация исключительно на анализ функций позволяет рассматривать функции независимо от объектов, которые их выполняет. Функциональный подход позволяет четко отделить проблемы анализа и проектирования от проблем реализации. IDEF0 позволяет выполнять описание сложных объектов с помощью простого графического языка, состоящего из двух символов: блок и стрелка [6].

Соответственно, основное назначение модели – ответить на определенный круг вопросов о системе. Кроме того, вопросы о системе обобщаются в виде цели моделирования. Именно цель, необходимость создания формализованного представления об определенных аспектах функционирования системы, мотивирует создание моделей. Если модель построена без определенной цели, то с большой вероятностью она окажется бесполезной.

Это незаменимый инструмент для специали-

стов чьими задачами являются создание функциональных моделей и реинжиниринг производственных или технологических процессов. Процесс или функция – это преобразование входов в выходы под управляющим воздействием и с использованием ресурсов или механизмов. В качестве примера использована реальная модель деятельности предприятия. Контекстная диаграмма модели представлена на рисунке 2. Структурный метод выражения знаний о том, как функционирует система, процесс или предприятие помогает более четко собирать данные при экспертных оценках. Описание дерева напоминает структуру ранжирования процессов относительно теории всеобщего управления качеством [7].

Объектом исследования производства прецизионных сложнопрофильных конструкций выступает организация имеющая значительный опыт и инструментальную базу по отработке технологий электрохимического формообразования в сочетании с процессами механической обработки [8].

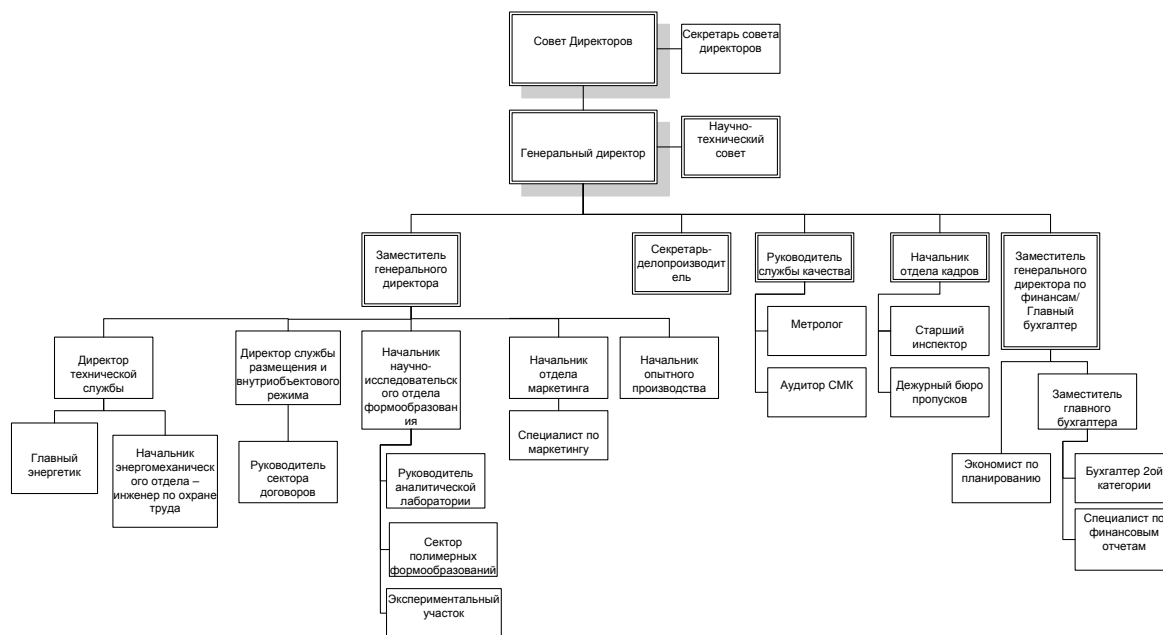


Рис. 3. Организационная структура предприятия по отработке технологии изготовления ПСК волноводных систем.

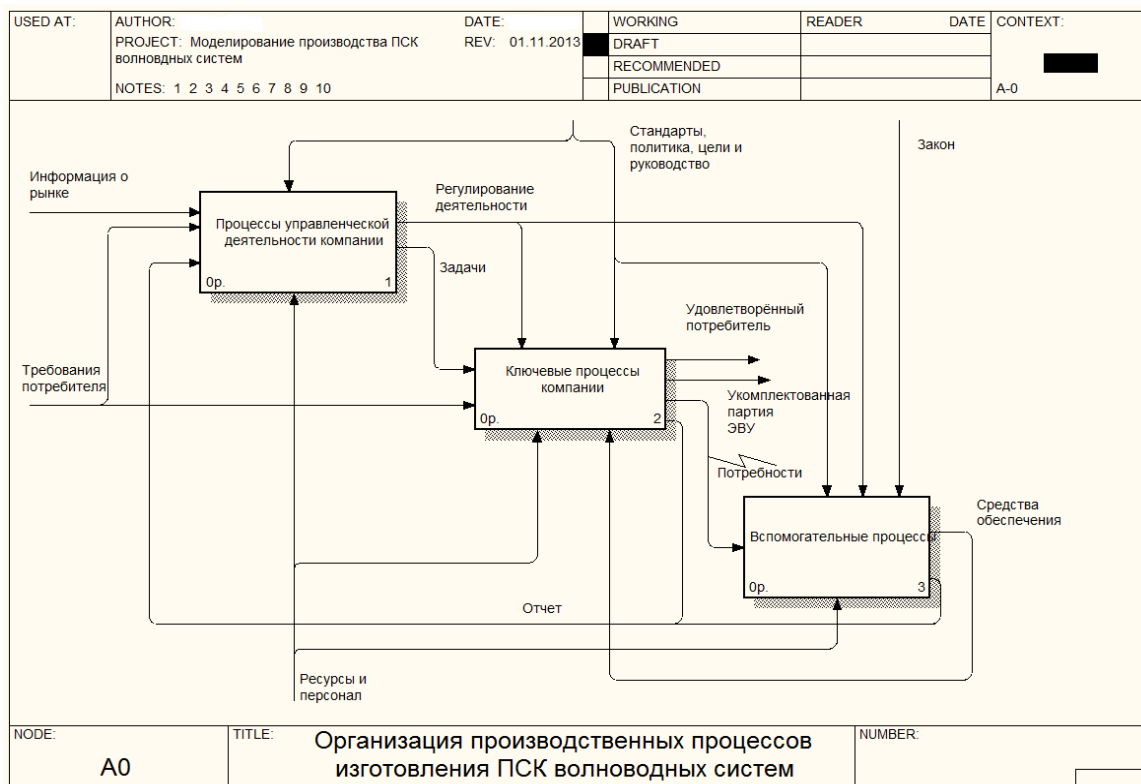


Рис. 4. Пример взаимодействия ключевых, вспомогательных и процессов управления.

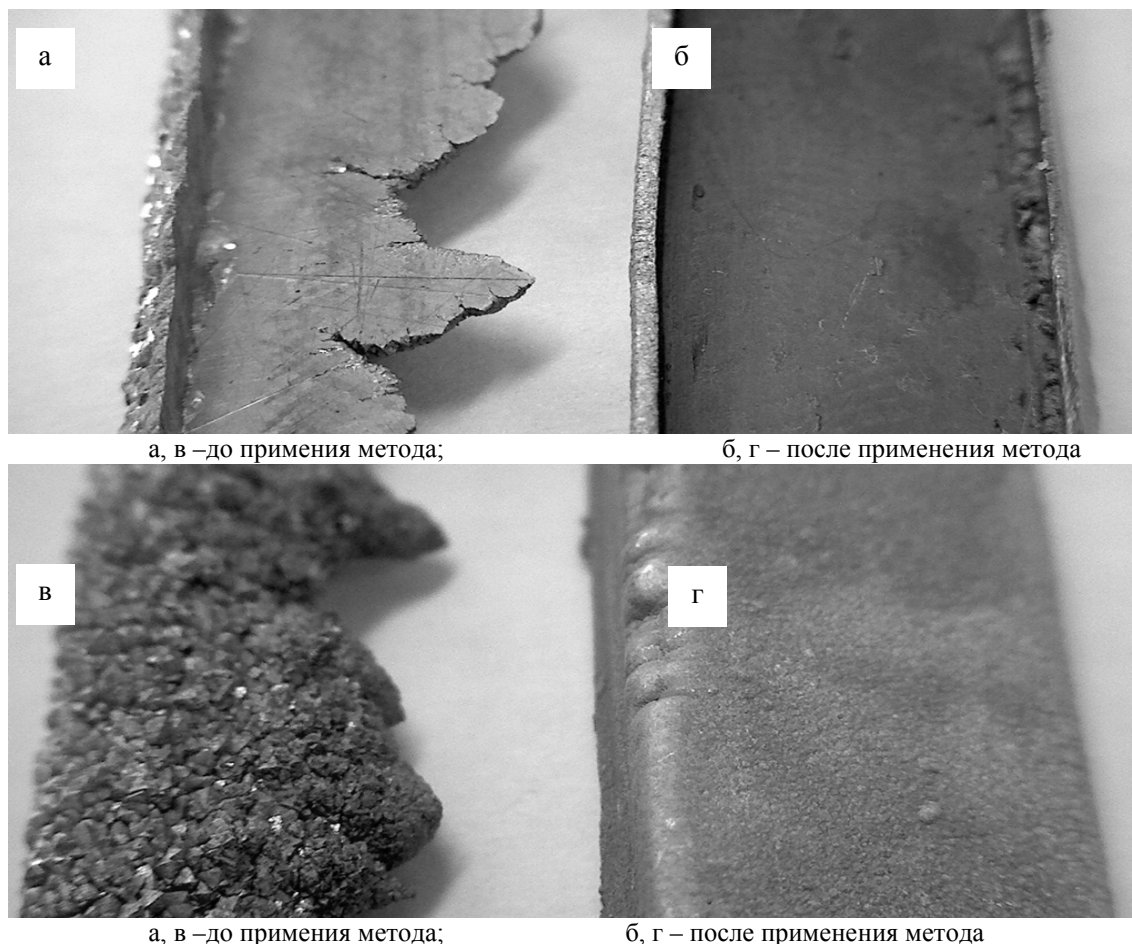


Рис. 5. Снимки под микроскопом результата процесса осаждения меди до и после применения тензоимпульсной регуляции с использованием генератора источника тока.

В организации ежегодно проводятся аудиты СМК по описанным стандартам на соответствие требованиям ГОСТ Р ИСО 9001:2008, а так же ГОСТ РВ 15002. В последние годы такие элементы как волноводные узлы для РЭА, не подлежали сертификации в стандарте «Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Система менеджмента качества. Общие требования». Это обстоятельство помогло сократить издержки на содержания ряда специализированных отделов без ухудшения качества. На рисунке 3 представлена организационная структура данного предприятия.

Особенность такой структуры в том, что на одном уровне с основными (ключевыми) процессами стоят вспомогательные. Связано это с тем, что службы обеспечивающие основные процессы призваны создавать все необходимые

условия для плодотворной и комфортной работы таких отделов как: научно-исследовательский отдел формообразования (НИОФ) и опытное производство. При декомпозиции контекстной диаграммы видны связи взаимодействия ключевых и вспомогательных процессов (рис. 4).

В функции НИОФ входит постоянное поддержание принципов совершенствования основной технологии, результатом его деятельности является научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, заявки на патенты и как следствие, патенты на изобретения, полезные модели или промышленные образцы. Аналитическая лаборатория и экспериментальный участок тесно взаимодействует с опытным производством с целью внедрения в производство новых технологий увеличивающих его эффективности и результативность.



Деятельность отдела опытного производства относится к ключевым процессам данного предприятия и реализует в себе основную технологию производства ПСК волноводных систем. В результате такого взаимодействия был испытан и получил положительные результаты метод воздействия фоновой акустической резонансной регуляции самоорганизации процессов известный так же как тензоимпульсная резонансная регуляция. Этот метод позволил улучшить ряд качественных показателей конечного продукта. В результате применения метода тензоимпульсной регуляции в при практически равных условиях протекания процесса осаждения металла на модели было выявлено:

- увеличение скорости осаждения;
- увеличение плотности структуры кристаллической решетки;
- отсутствие образования дендрита;
- достигнута равномерность образования кристаллической решетки.

При увеличении можно рассмотреть структуру металла изделия до и после применения тензоимпульсного воздействия (Рис. 5) [9].

Ответственный и внимательный подход на первых этапах системного анализа необходим при использовании любого метода моделирования [10]. Метод функционального описания графической модели в стандарте IDEF0 и IDEF3 может быть предназначен как для выявления наиболее слабых и уязвимых мест существующей деятельности организации, так и для анализа новых технологических процессов в области электрохимического формообразова-

ния, их возможных преимуществ и недостатков. По мнению автора, на отечественных предприятиях существует выраженная необходимость в расширении научно-технической базы и модернизации оборудования исследовательских лабораторий, в которых разрабатываются и апробируются инновационные технологии. Традиционная технология должна стать основой научного подхода к организации управления подобными производственными процессами. Разработанные автором модели и последующий анализ и оптимизация технологических процессов, помогли добиться повышения качества, эффективности процессов, позволили сократить издержки и сроки на разработку и производство ПСК волноводных систем, доказали значимость использования современных информационных методов и средств моделирования. Подготовка квалифицированных специалистов в области управления, экономики и производства, привлечение и мотивация молодых ученых, за счет современного инфраструктурного обеспечения, усиливает свою значимость в современных реалиях рыночной среды. Есть все основания полагать, что совершенствование научных и методологических принципов организации и управления производством ПСК на основе разработки моделей и процедур информатизации, мониторинга, планирования и оценки устойчивости производственных процессов позволит этой технологии занять достойное место в решении задач развития электронной и радиоэлектронной промышленности, а также в российском аэрокосмическом приборостроении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрявцева О.В. Техническая гальванопластика / Ред. Г.К. Буркат. – СПб.: Политехника, 2010. – 148 с.
2. Национальный стандарт России ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества Требования» / ВНИИС – М.: Стандартиформ 2008. – 65 с.
3. Системный анализ в менеджменте/ В.Н. Попов; Под ред. В.Н. Попова. – М.: КНОРУС, 2010. – 304с.;
4. Основы теории систем и системного анализа/ Г.И. Корнилов – Курс профессора кафедры информационных систем и высшей математики ИДА Корнилова Г. И. – 98с.
5. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: / Под ред. В.Н. Волковой и А.А. Емельянова. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
6. Методы и инструменты управления инновационным развитием промышленных предприятий / И. Л. Туккель, С. А. Голубев, А. В. Сурина, Н. А. Цветкова / Под ред. И. Л. Туккеля. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 208 с.
7. Моделирование бизнес-процессов с BPwin 4.0/ С.В. Маклаков М.: ДИАЛОГ- МИФИ, 2002 – 224 с.;
8. Васильев О.И., Семенова Е.Г. «Инновации управления качеством инфраструктуры» в сборнике по итогам международной конференции «Формирование современного общества - проблемы, перспективы

тивы, инновационные подходы» 2010 г.

9. **Васильев О.И., Васильев И.А.** «Инновационный эффект применения тензоимпульсной регуляции в процессах изготовления прецизионных сложнопрофильных конструкций». Научная сессия ГУАП: сборник докладов: В 3 ч.Ч.1: Технические

науки/ С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - СПб.: ГОУ ВПО «СПбГУАП», 2012 г.

10 **Родионов И.Б.** Теория систем и системный анализ [Электронный ресурс] / Родионов И.Б. – КГТУ, 2006. – Режим доступа: <http://tssa.pisem.net/zhgorsk.htm>.

REFERENCES

1. **Kudryavtseva O.V.** Technical electroplating / Red. G.K. Burkat. St.Petersburg. Politekhnik, 2010. - 148 p.

2. Russian national standard GOST R ISO 9001-2008 «Quality Management Systems Requirements» / VNIIS – M.: Standartinform 2008. – 65p.

3. System analysis in management: Stud. manual/ V.N. Popov, ed. VN Popov. – Moscow: KNORUS, 2010. – 304p.

4. Fundamentals of systems theory and systems analysis / G.I. Kornilov Course Professor Department of Information Systems and Higher Mathematics IDA Kornilov G.I. – 98p.

5. Systems theory and systems analysis in the management of organizations: Directory: / Ed. Volkova V.N.and Emelyanov A.A.. – Moscow: Finance and Statistics, 2006. – 848p.

6. Methods and tools of innovation development of industrial enterprises/ I.L. Tukkel, S.A. Golubev, A.V. Surin, N.A. Tsvetkova/ Ed. IL Tukkel. – St. Petersburg.

burg.: BHV- Petersburg, 2013. – 208 p.

7. Business process modeling with BPwin 4.0 / S.V. Maklakov, Moscow: Dialog-MIFI, 2002 - 224 p.

8. **Vasiliev O.I., Semenova E.G.** «Innovation Quality Facility Management» in the collection of the results of the international conference «Formation of modern society - problems, perspectives and innovative approaches» 2010.

9. **Vasiliev O.I., Vasiliev I.A.** «Innovatsionnyi efekt primeneniya tenzoimpulsnoy regulatsii v processah izgotovleniya precisionnikh slojnoprofilnikh konstrukcii» Scientific session of SUAI: a collection of reports: In 3 p. Part1: Engineering / St. Petersburg. State. Univ. Aerospace Instrumentation. - St. Petersburg.: «SPbSUAI», 2012.

10. **Rodionov I.B.** Systems theory and systems analysis [Electronic resource] / I.B. Rodionov - KSTU 2006. - Mode of access: <http://tssa.pisem.net/zhgorsk.htm>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

СЕМЕНОВА Елена Георгиевна – директор института инноватики и базовой магистерской подготовки, заведующий кафедрой инноватики и управления качеством, доктор технических наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения; 190000, ул. Большая Морская, д. 67, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: egsemenova@mail.ru

SEMIONOVA Elena G. – St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation; 190000, Bolshaya Morskaya st. 67, St. Petersburg, Russia; e-mail: egsemenova@mail.ru

ВАСИЛЬЕВ Олег Игоревич – аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения; 190000, ул. Большая Морская, д. 67, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: innfri@gmail.com

VASILYEV Oleg I. – St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation; 190000, Bolshaya Morskaya st. 67, St. Petersburg, Russia; e-mail: innfri@gmail.com