

На правах рукописи



ШАЙХУЛОВА Айгуль Фазировна

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ
ПРОЕКТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ
АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА ОСНОВЕ КАСКАДНОГО МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ**

Специальность:

**05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (в машиностроении и приборо-
строении)**

АВТОРЕФЕРАТ

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

Уфа – 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Научный руководитель

СЕЛИВАНОВ Сергей Григорьевич
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
авиационный технический университет»

Официальные оппоненты

доктор технических наук, профессор
КУТЕРГИН Владимир Алексеевич
Председатель совета директоров холдинга
«Белфингрупп»

кандидат технических наук, доцент
КИРЮШИН Олег Валерьевич
доцент кафедры автоматизации
технологических процессов и производств
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»

Ведущая организация

АО «Институт технологии и организа-
ции производства», г. Уфа

Защита состоится 20 сентября 2018 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.065.06 в ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова» по адресу: 426033, г. Ижевск, ул. 30 лет Победы, 2, 5 корпус ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

С диссертацией и авторефератом диссертации можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», <http://www.istu.ru/>.

Автореферат разослан 30 июня 2018 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Сяктерев Виктор Никонович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Известно, что управление инновационным развитием осуществляется на основании разработки инновационных проектов и программ создания инновационной продукции и применения (разработки) технологических инноваций. Поэтому в настоящее время особенно актуальными становятся вопросы внедрения и освоения технологических инноваций в промышленности. Одним из наиболее эффективных способов внедрения и освоения технологических инноваций является техническое перевооружение, поскольку оно позволяет модернизировать и интенсифицировать производство без нового строительства и расширения существующего предприятия. В этой связи особенно важными становятся работы не только по изучению закономерностей процессов освоения и внедрения технологических инноваций, но и разработки по совершенствованию на их основе автоматизированных систем технической подготовки производства (АСТПП) в авиадвигателестроении.

Применение методов системного анализа и синтеза, математического, имитационного и трехмерного компьютерного моделирования для решения оптимизационных задач АСТПП и верификации проектных решений позволяет повысить научно-технический уровень разработок, повысить качество и сократить время проектирования, решить вопросы ресурсосбережения и, в конечном счете, повысить конкурентоспособность продукции и производства.

Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» предусмотрен (п.20а.): «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создания систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Распоряжение Правительства Российской Федерации от 18.03.2013 г. № 378-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие внешнеэкономической деятельности» определило несколько направлений развития государственной экономики, в том числе

- разработку и реализацию государственной программы РФ «Экономическое развитие и инновационная экономика» (госпрограмма утверждена постановлением правительства РФ от 15.04.2014 №316)
- реализацию мер по выходу из кризиса и модернизацию российской экономики.

В частности, ключевыми направлениями деятельности в рамках указанных программ являются

- поддержка стратегий импортозамещения,
- модернизация существующих производств,
- формирование и начало реализации Национальной технологической инициативы на основе передовых достижений российской и мировой фундаментальной науки, использования создаваемой инновационной инфраструктуры.

Предполагается, что инновационное развитие превратится в основной источник экономического роста. Из этого следует, что разработка новых методов управления инновационными проектами технического перевооружения, которые обеспечивают сокращение сроков выполнения проектов и затрат с помощью АСТПП, является актуальной.

Степень разработанности темы исследования

Вопросами разработки автоматизированных систем технической подготовки производства (АСТПП) авиадвигателестроения и машиностроения в разное время занимались

многие видные ученые. Работы Н. М. Султан-Заде посвящены изучению АСТПП в массовом производстве, В. И. Аверченкова и А. В. Аверченкова – АСТПП в мелкосерийном производстве. В. В. Бойцов занимался научными основами комплексной стандартизации технической подготовки производства. А. В. Мухин является основоположником функционального моделирования в АСТПП. С.П. Митрофанов - один из основоположников теории организации и подготовки производства и группового метода обработки деталей. Б. М. Базров является автором концепции модульных технологий обработки деталей. Вопросами АСТПП в машиностроении занимались такие ученые как Г. К. Горанский, А. Г. Схиртладзе, Ю. М. Соломенцев. В работах К. С. Кульги отражена проблематика непосредственной разработки программного обеспечения АСТПП. Различными аспектами управления инновационными проектами занимались И.Л.Туккель, Р.Д.Арчибальд, А.Д.Никифоров, Д.А.Новиков, А.А. Кутин и другие ученые.

В связи со смещением приоритетов технической подготовки производства в область инновационной деятельности проблемы автоматизации и управления инновационными проектами технического перевооружения производства в АСТПП для решения задач модернизации машиностроительного производства становятся первостепенными по своей значимости. Настоящая работа посвящена вопросам комплексного применения современных методов системного анализа и синтеза, математического, имитационного и трехмерного моделирования в АСТПП серийного производства с целью повышения эффективности технического перевооружения предприятий машиностроительной отрасли. В работе рассматриваются закономерности и зависимости, модели, методы и технологии, лежащие в основе ТПП, а также их практическое применение для управления и реализации ТПП.

Объектом исследования данной диссертации является АСТПП машиностроения и авиадвигателестроительное производство.

Предметом исследования являются новые методы и модели, закономерности и зависимости для их использования в АСТПП, в частности:

- функциональные модели АСТПП для автоматизации процессов управления инновационными проектами технического перевооружения производства;
- математические и динамические модели АСТПП для моделирования процессов освоения новых технологий в производстве;
- методы оптимизации и верификации проектно-технологических решений в АСТПП.

Цель работы – повышение эффективности АСТПП на основе разработки нового каскадного метода автоматизации управления инновационными проектами технического перевооружения машиностроительных производств, обоснования и применения новых закономерностей и моделей для оптимизации проектных решений технического перевооружения авиадвигателестроительного производства.

Задачи исследования:

1. Построение функциональной модели АСТПП в *IDEFO* с целью разработки автоматизированных методов управления производственной системой в условиях *CALS*-технологий.
2. Разработка математической модели для управления процессами освоения новых технологий в авиадвигателестроительном производстве в условиях применения АСТПП.
3. Разработка комплексного каскадного метода АСТПП для анализа и синтеза, математического моделирования и оптимизации, разработки и управления проектами технического перевооружения авиадвигателестроительного производства.

4. Обоснование новых эмпирических закономерностей и зависимостей, электронных баз данных, разработки и верификации проектных решений
5. Оценка роста эффективности АСТПП при использовании разработанного в данном исследовании каскадного метода.

Научная новизна:

1. Разработан новый комплекс функциональных моделей для автоматизации ТПП в авиадвигателестроении, отличающийся связанным использованием методов математического моделирования для оптимизации проектных решений в техническом перевооружении производства:
 - системного анализа загрузки производственных мощностей на основе решения дифференциального уравнения Ферхюльста и моделирования процессов освоения производственных мощностей;
 - организации и управления проектами на основе решения каскада уравнений, включающих интегральные уравнения Вольтерра и новые алгебраические уравнения, которые определяют сроки проектных разработок;
 - оптимизации проектно-технологических решений на основе применения каскадных нейронных сетей;
 - динамического и имитационного моделирования для обоснования достоверности и верификации проектно-технологических решений.
2. Новизна метода анализа загрузки производственных мощностей определяется новыми закономерностями освоения технологий. Их использование в АСТПП обеспечивает управление проектами ТПП по схеме «точно в срок» и «в пределах сметы».
3. Новизна метода оптимизации проектно-технологических решений определяется эмпирическими зависимостями и использованием по новому назначению методов определения Парето-оптимальных решений для разработки проектных технологических процессов и технологических планировок оборудования на основе использования каскадных нейронных сетей.
4. Новизна методов верификации и обоснования достоверности проектно-технологических решений определяется каскадом методов динамического и имитационного моделирования инновационных проектов технического перевооружения авиадвигателестроительного производства, отличающихся:
 - применением впервые установленной динамической модели переходного процесса освоения производственной мощности объекта проектирования;
 - применением цифровых технологий трехмерного имитационного моделирования объекта технологического проектирования в комнате виртуальной реальности класса *CAVE* и процесса работы технологической линий и участков с помощью систем *OpenCim* и *Project Expert*;
 - применением новой электронной базы данных для нормирования этапов инновационного проектирования.

Практическая ценность работы. Практическая значимость работы заключается во внедрении результатов в рамках проекта «Реконструкция, техническое перевооружение производственной базы для производства компонентов и агрегатов турбовальных двигателей типа ВК-2500», г. Уфа Республики Башкортостан на ПАО «УМПО» (авиадвигателестроение) и определяется разработкой в АСТПП методов управления проектами технического перевооружения производства для постановки на производство вертолетных двигателей. Представленные методы также были внедрены на ПАО «УППО». Практическая значимость подтверждена соответствующими актами о внедрении. Результаты диссертацион-

ного исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет по дисциплине «Инновационные процессы в технологии машиностроения» и «Проектирование цифровых производств».

Методы исследования. Методологическую основу для решения поставленных задач определяет использование методов системного анализа, синтеза, верификации и инновации, функционального и математического моделирования, статистических методов для определения уравнений регрессии, средств искусственного интеллекта для выбора объектов технологического проектирования и многокритериальной оптимизации, а также имитационного моделирования инновационных проектов технического перевооружения производства. Методы исследования базируются на теории автоматизации и управления технологическими процессами и производствами, математических методах дифференциального и интегрального исчисления, методах теории вероятности и математической статистики, искусственного интеллекта с использованием методов многокритериальной оптимизации, имитационного и компьютерного моделирования проектных решений.

Положения, выносимые на защиту:

1. Функциональная модель АСТПП, отличающаяся связанным использованием методов математического моделирования для оптимизации проектных решений в техническом перевооружении производства, обеспечивает эффективную постановку на производство новой продукции в авиадвигателестроении;
2. Новые математические модели и статистические зависимости, изученные и установленные впервые, позволяют эффективно решать задачи управления инновационными проектами в авиадвигателестроении;
3. Комплексный каскадный метод автоматизации и управления проектами технического перевооружения авиадвигателестроительного производства, заключающийся в связанном использовании новых математических моделей АСТПП и использованием по новому назначению методов определения Парето-оптимальных решений для разработки проектных технологических процессов и технологических планировок оборудования с использованием каскадных нейронных сетей, обеспечивает управление проектами ТПП по схеме «точно в срок» и «в пределах сметы»;
4. Результаты применения разработанного каскадного метода в части системного анализа загрузки производственных мощностей, оптимизации проектных технологических процессов, оптимизации проектно-технологических решений, полученных в ходе инновационного проектирования ТПП, подтверждают его эффективность.
5. Программные продукты АСТПП подтверждают возможность использования каскадного метода, искусственных нейронных сетей и электронных баз данных в проектах технического перевооружения и реконструкции авиадвигателестроительного производства.

Личный вклад автора. Математические модели, методы, зависимости и закономерности, выносимые на защиту и представленные в диссертации получены автором лично.

Выбор направления исследования, формирование структуры и содержания работы выполнены при активном участии научного руководителя, д.т.н., проф. Селиванова С. Г.

В перечисленных работах соискателем получены лично следующие результаты:

- в работах [8, 82, 96, 104, 166] построена функциональная модель АСТПП, обеспечивающая постановку на производство новой продукции в авиадвигателестроении. Показана необходимость и эффективность ее использования;
- в работах [8, 95, 96, 103, 104, 166] показана динамическая модель каскадного метода автоматизации и управления проектами ТПП авиадвигателестроения. Приведен пример его применения.

- В работах [3, 82, 83, 95, 97, 98, 104, 126, 153, 154, 166] приводятся новые математические модели и статистические зависимости, полученные для решения задач управления инновационными проектами в авиадвигателестроении.
- В работах [3, 82, 95, 99, 103, 104, 126, 153, 154, 166] показывается достоверность и эффективность применения каскадного метода посредством результатов применения разработанного каскадного метода для: системного анализа загрузки производственных мощностей, оптимизации проектных технологических процессов изготовления деталей вертолетных авиационных двигателей, оптимизации проектно-технологических решений, полученных в ходе инновационного проектирования технического перевооружения авиадвигателестроительного производства, в которых диссертант принимал личное участие, о чем свидетельствуют акты о внедрении.
- В свидетельствах о регистрации программных продуктов [162, 163, 164, 165] реализовано применение каскадного метода, искусственных нейронных сетей и электронных баз данных в проектах технического перевооружения и реконструкции авиадвигателестроительного производства.

Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 1 – [8, 82, 83, 97, 98, 104, 126, 166], по главе 2 - [3, 8, 82, 83, 96, 104, 126, 166], по главе 3 - [3, 8, 95, 96, 99, 103, 153, 166], по главе 4 - [95, 96, 99, 126, 154, 166]. 4 работы написаны автором единолично, другие совместно с научным руководителем или другими членами научного коллектива.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертационного исследования использованы при выполнении следующих НИР:

1. 2014-02-573-0034 – «Долгосрочный научно-технологический прогноз развития цифрового производства в Российской Федерации на 2015-2025 гг.»,
2. «Реконструкция, техническое перевооружение производственной базы для производства компонентов и агрегатов турбовальных двигателей типа ВК-2500 ОАО «УМПО», г. Уфа, Респ. Башкортостан.

Основные положения работы докладывались на международных научно-технических конференциях:

1. XIV Международная научная конференция «Модернизация России: ключевые проблемы и решения», ИНИОН РАН, г. Москва, 2013,
2. II Международная конференция «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления», 2014,
3. XV Международная научная конференция «Модернизация России: ключевые проблемы и решения», ИНИОН РАН, г. Москва, 2014,
4. 16^{ая} Международная конференция компьютерные науки и информационные технологии (CSIT'2014),
5. II Международная конференция «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS'2014),
6. Международная конференция «Технологии изготовления и методы развития производства» (METMG'2015), Ванкувер, Канада, 2015,
7. III Международная конференция «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS'2015)
8. 17^{ая} Международная конференция компьютерные науки и информационные технологии (CSIT'2015),

а также труды представлены и опубликованы на всероссийских конференциях:

1. VI Всероссийская научно-образовательная конференция «Машиностроение – традиции и инновации» (МТИ -2013), МГТУ «СТАНКИН», г.Москва, 2013.
2. VII Всероссийская молодежная научная конференция «Мавлютовские чтения», Уфа, 2013
3. Конкурс «Молодежь и будущее авиации и космонавтики» Москва, 2014,
4. Девятая всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники», Уфа, 2014,
5. Конкурс «Молодежь и будущее авиации и космонавтики» Москва, 2015.

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 24 работы: монография (Германия); учебное пособие; 4 научных статьи в журналах из Перечня ВАК; 8 публикаций в международных изданиях, 5 публикаций в сборниках научных трудов; получено 4 свидетельства на программные продукты и 1 на электронный ресурс. Авторский вклад соискателя в названных публикациях состоит в предложении новых методик для автоматизации и управления проектами технического перевооружения, в том числе использование имитационного и трехмерного моделирования, нейронных сетей. Авторский вклад соискателя в указанных авторских свидетельствах на программные продукты состоит в разработке научно-методологической основы программ, постановке и формализации задач, а также непосредственном написании программных кодов. Авторский вклад соискателя в авторском свидетельстве на регистрацию БД для ЭВМ состоит в разработке структуры и контента электронной БД.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, библиографического списка из 217 наименований и приложений. Основная часть работы (без библиографического списка и приложений) изложена на 174 страницах машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, определен научно-методический уровень исследования, отмечена новизна и практическая ценность выносимых на защиту результатов.

В первой главе был выполнен аналитический обзор системотехнических методов решения проблемы автоматизации и управления в АСТПП инновационными проектами технического перевооружения (реконструкции) производства. Он позволил установить, что сокращение сроков и затрат на разработку и реализацию таких инновационных проектов требует разработки новых методов математического моделирования и оптимизации процессов технической подготовки машиностроительного производства. С помощью структурной модели (рис. 1) был определен объект управления – производственная система, в качестве блока управления выступает автоматизированная система технической подготовки производства (АСТПП), обеспечивающая управление проектом.

Для анализа структуры блока управления была построена функциональная модель *IDEF0* жизненного цикла изделия. С ее помощью были выявлены основные функции АСТПП (рис. 2) для решения поставленных задач. На основании построенной функциональной модели был предложен каскадный метод управления проектами технического перевооружения производства. Для его реализации была поставлена задача исследования математических зависимостей, которые описывают состояние объекта управления (производственной системы) с позиции производственной мощности.

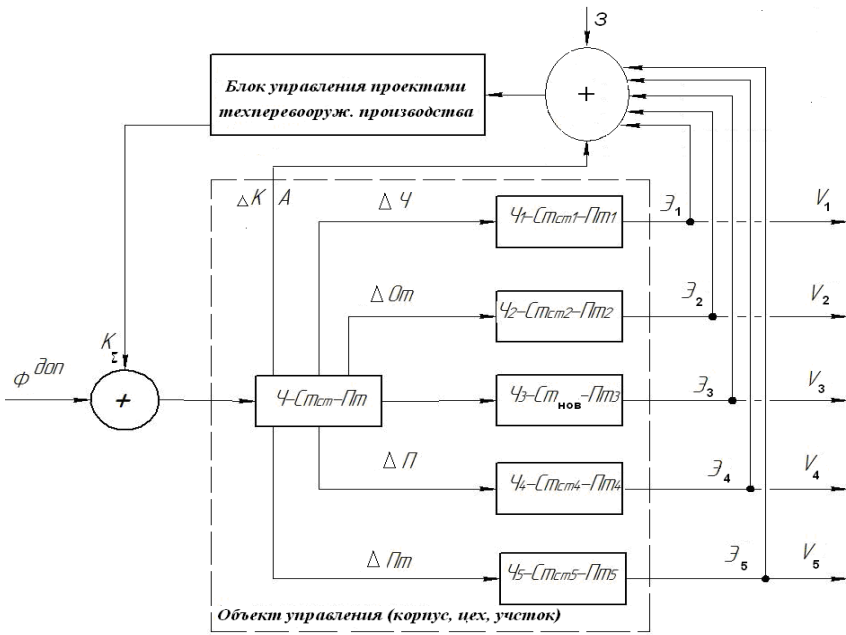


Рисунок 1 - Модель для управления проектом технического перевооружения производства: А – амортизационные отчисления; ΔK – выручка от продажи, высвобожденного оборудования (имущества); Ξ – прибыль; V_i – объем выпуска

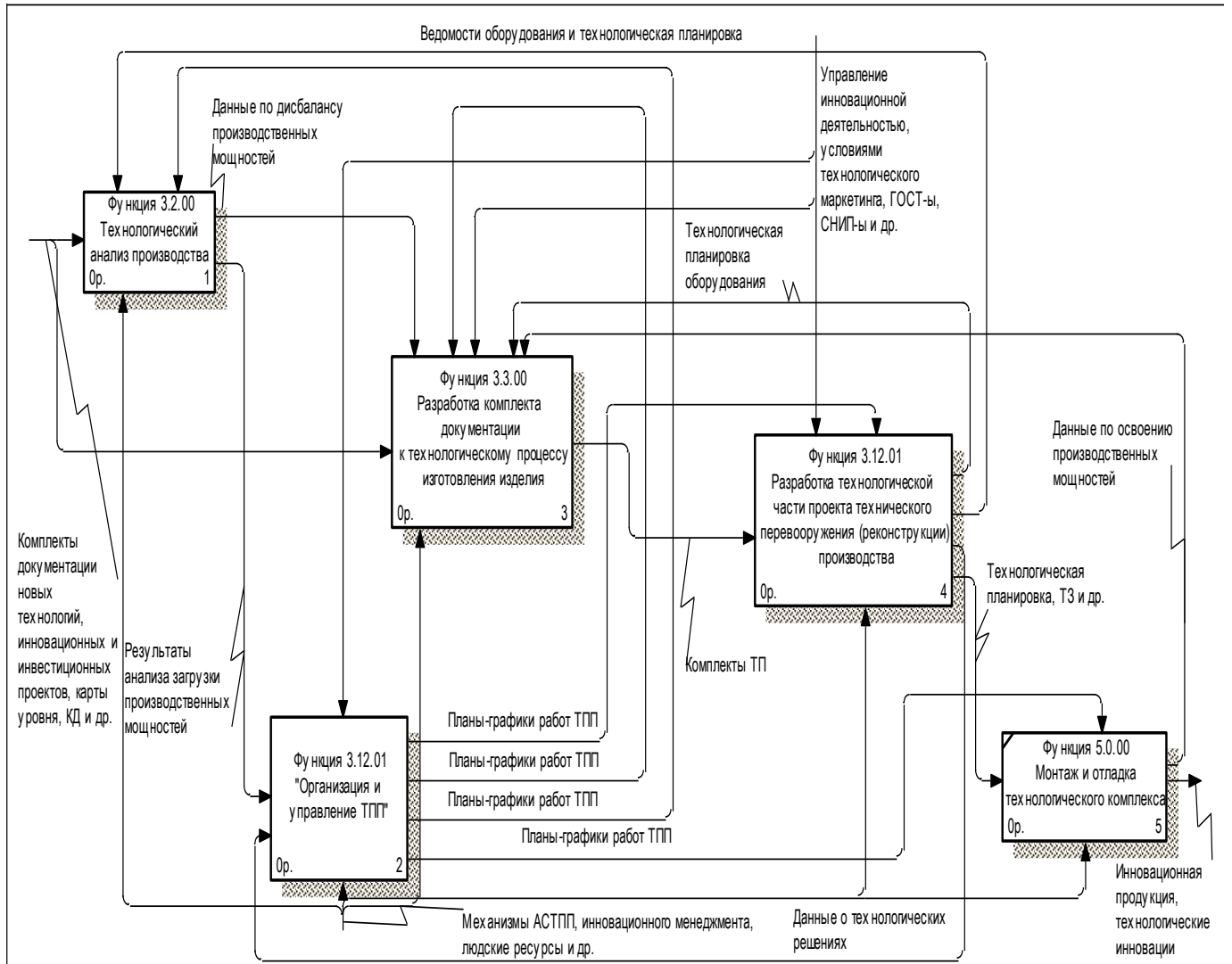


Рисунок 2 – Фрагмент функциональной модели автоматизированной системы технологической подготовки производства (3-й уровень диаграммы «Жизненный цикл изделия»)

Во второй главе были исследованы основные методы и закономерности освоения новых технологий в ходе разработки и реализации инновационных проектов технического перевооружения производства в АСТПП.

Установлено, что математический вид эмпирических кривых «освоения технологий» с достаточностью точностью описывают алгебраические решения (1) дифференциального уравнения Ферхюльста (рис. 3):

$$S = S(t) = \frac{KP \cdot e^{rt+x}}{K + P \cdot e^{rt+x}} + y, \quad (1)$$

где S – производственная мощность производственного подразделения, K – максимальный уровень производственной мощности, P – начальное значение производственной мощности, r – стратегия, предполагающая переходный процесс прироста мощности и короткое время выполнения проекта (коэффициент прироста), определяет «радиус скругления» кривой, x , y – коэффициенты сдвига по оси абсцисс (времени) и ординат (производственной мощности).

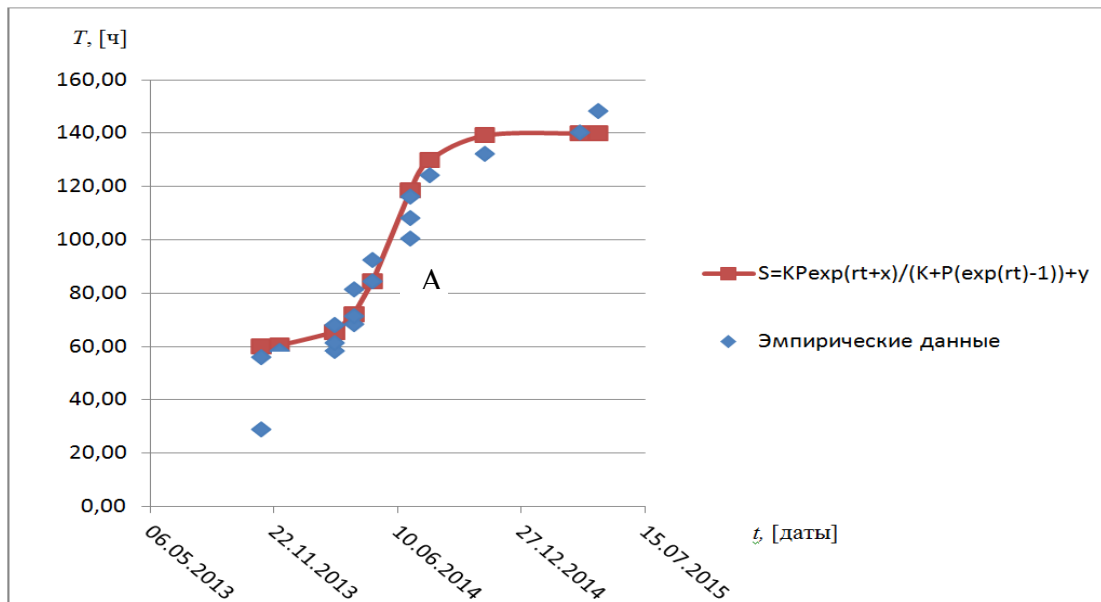


Рисунок 3 – График ввода технологического оборудования (монтажа и отладки технологического комплекса на базе многоцелевых обрабатывающих центров *Hermle C60*)
Примечание: точка A на рис.3. – это особая точка, не связанная с исполнением проектной документации, а обозначающая подготовку организационно-распорядительных документов

Для определения граничных условий и построения кривых освоения технологий предложено использовать каскад уравнений (рис.4). В каскаде уравнения решаются последовательно, и результаты вычислений первого уравнения подставляются во второе и так далее.

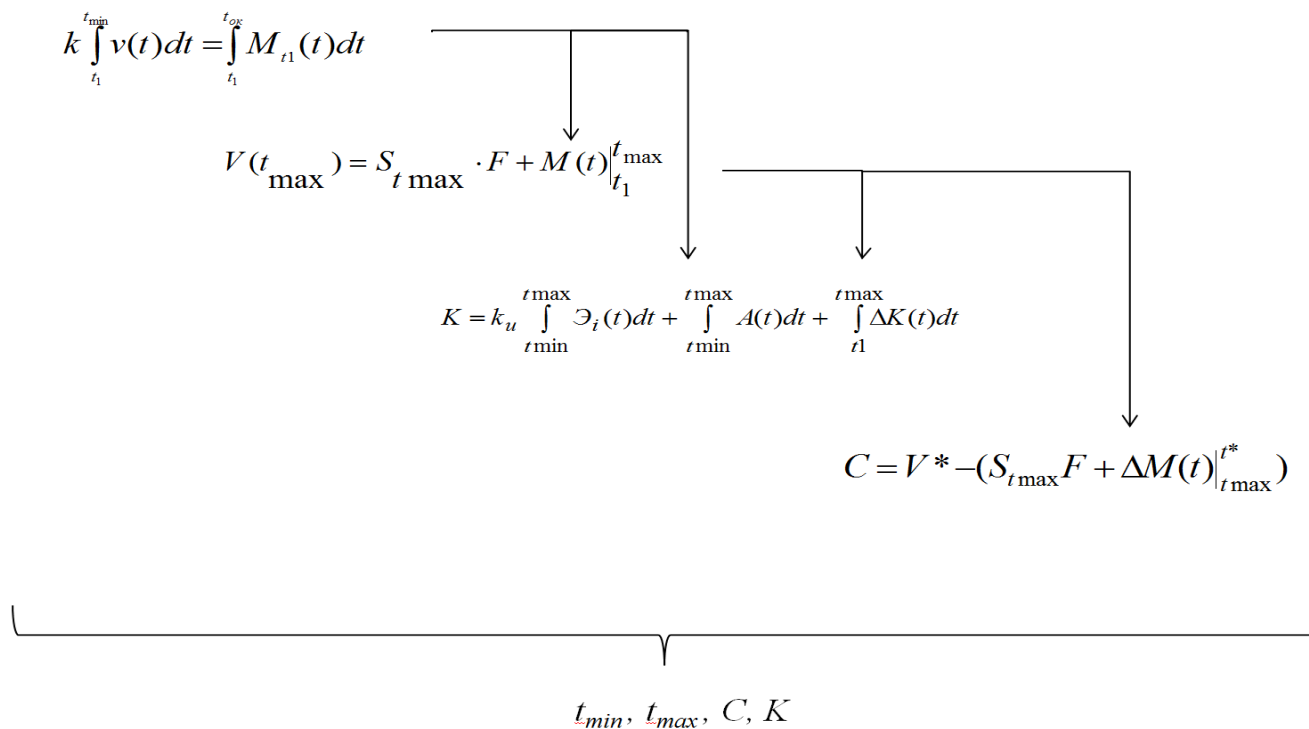


Рисунок 4 – Схема решения каскада уравнений для задачи анализа производственной мощности в АСТПП

Примечания: t_{min} – наиболее ранний срок проекта ТПП, t_{max} – наиболее поздний срок осуществления проекта технического перевооружения производства или реконструкции производства цеха; $t_{\text{ок}}$ – расчетный срок окупаемости капиталовложений, определенный в акте ввода дополнительных производственных мощностей в момент t_1 ; t_1 – срок предшествующей реконструкции, расширения или строительства цеха (создания участков); $V(t)$ – функция изменения объемов выпуска продукции во времени; k – коэффициент изменения приведенных затрат с момента t_1 ; M – производственная мощность (пропускная способность) цеха; $S_{t_{\text{max}}}$ – функция изменения от минимума до максимума числа единиц оборудования в цехе или на производственном участке; F – годовой действительный (эффективный) фонд времени работы единицы оборудования за год, K – капиталовложения в инновационный проект для момента времени t_{max} ; $k_{\text{и}}$ – доля от чистой прибыли ($\Sigma \mathcal{E}_i$), направляемая на техническое перевооружение производства, полученная в интервале $(t_{\text{min}}; t_{\text{max}})$ как от реализации инновационного (инвестиционного) проекта, осуществленного в момент (t_1) , так и от суммы организационно-технических мероприятий по техническому перевооружению отдельных рабочих мест («узких мест») цеха или участка в интервале $(t_1; t_{\text{max}})$, A – амортизационные отчисления, C – потребный прирост производственной мощности для обеспечения объемов выпуска V^* к моменту времени t^* .

В третьей главе был разработан каскадный метод управления проектами технического перевооружения производства, который заключается в последовательном и взаимосвязанном решении функций модели (рис.2). На рис.5 представлена *IDEF3* модель метода.

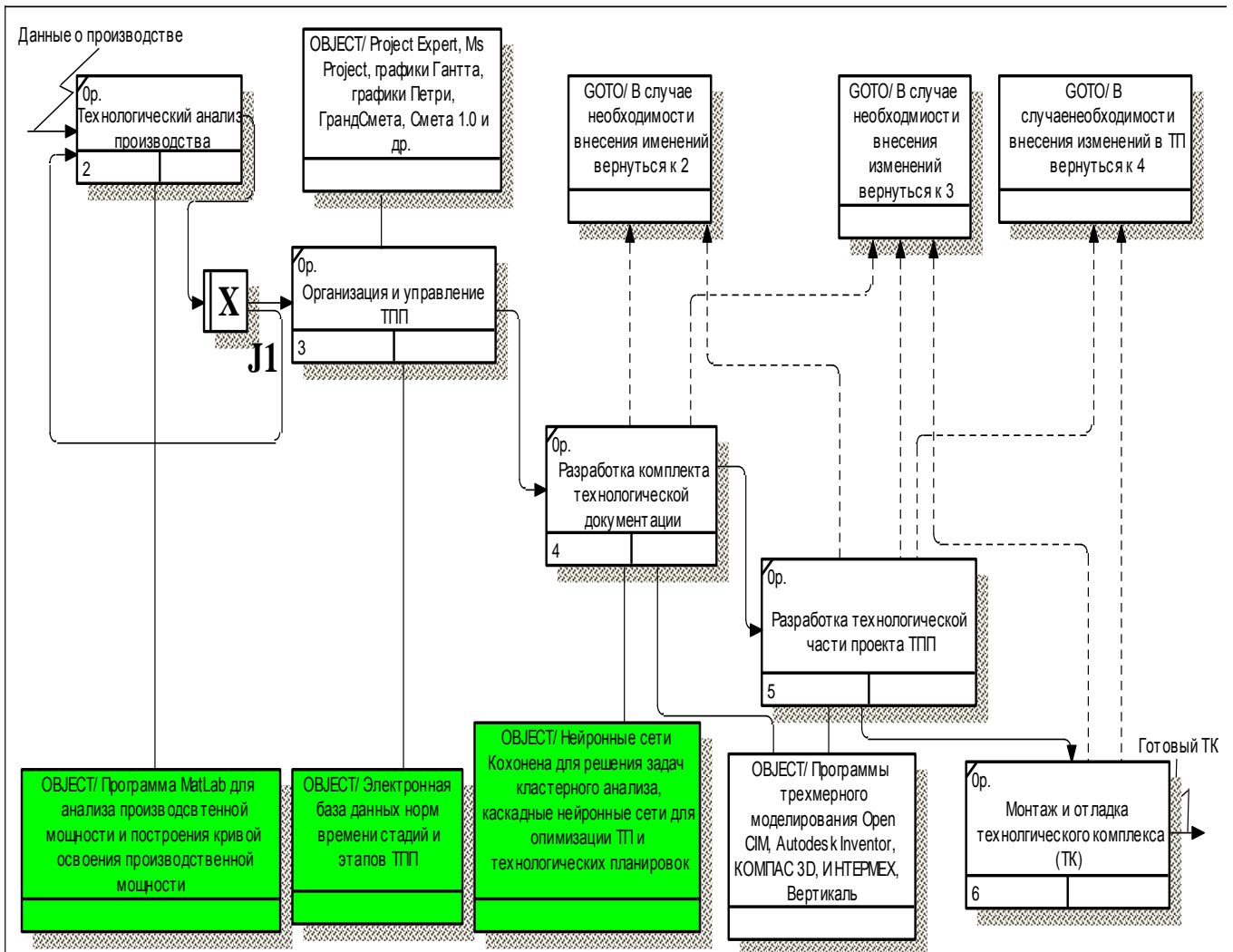


Рисунок 5 – Динамическая модель каскадного метода управления проектами технического перевооружения производства

Белыми блоками ОБЪЕСТ показано программное обеспечение, которое рекомендуется использовать в рамках метода для автоматизации этапов и стадий ТПП, тонированными блоками показаны те программы *MatLab* и электронные базы данных, которые разработаны автором и на которые были получены свидетельства о регистрации. Программа *MatLab* в качестве основной математической модели в предложенном каскадном методе использует новые зависимости – кривые освоения технологий (в виде решений дифференциального уравнения Ферхюльста) (рис.6).

Для верификации проектных решений на стадии «Организация и управления ТПП» была разработана электронная база данных норм времени на этапы ТПП. Для ее разработки были исследованы статистические данные по длительностям выполнения типовых работ ТПП (монтаж и отладка технологических комплексов, длительность проектно-исследовательских работ по ТПП) и выявлены соответствующие математические зависимости (рис. 7).

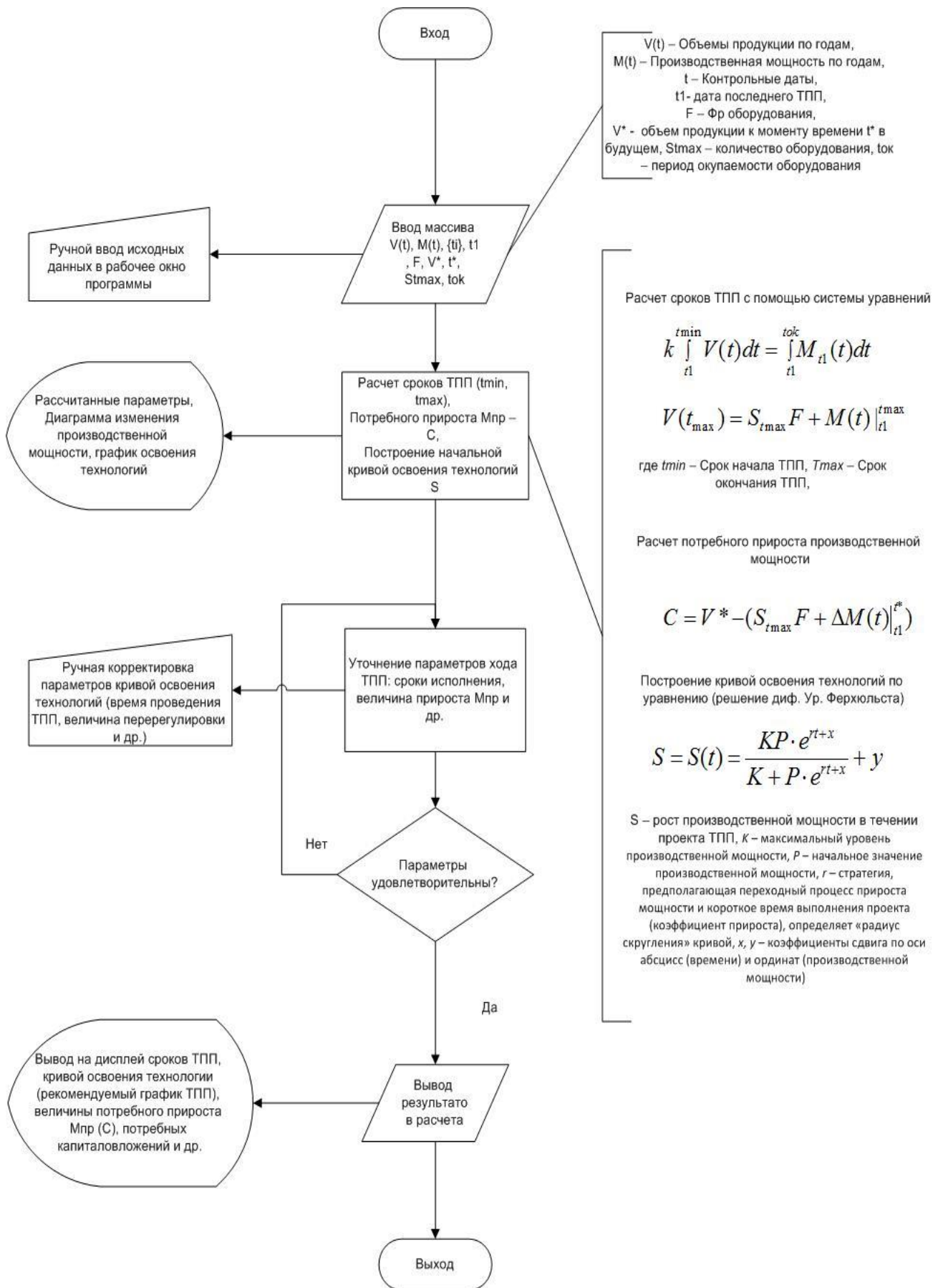


Рисунок 6 – Блок – схема программы *MatLab* для технологического анализа производства

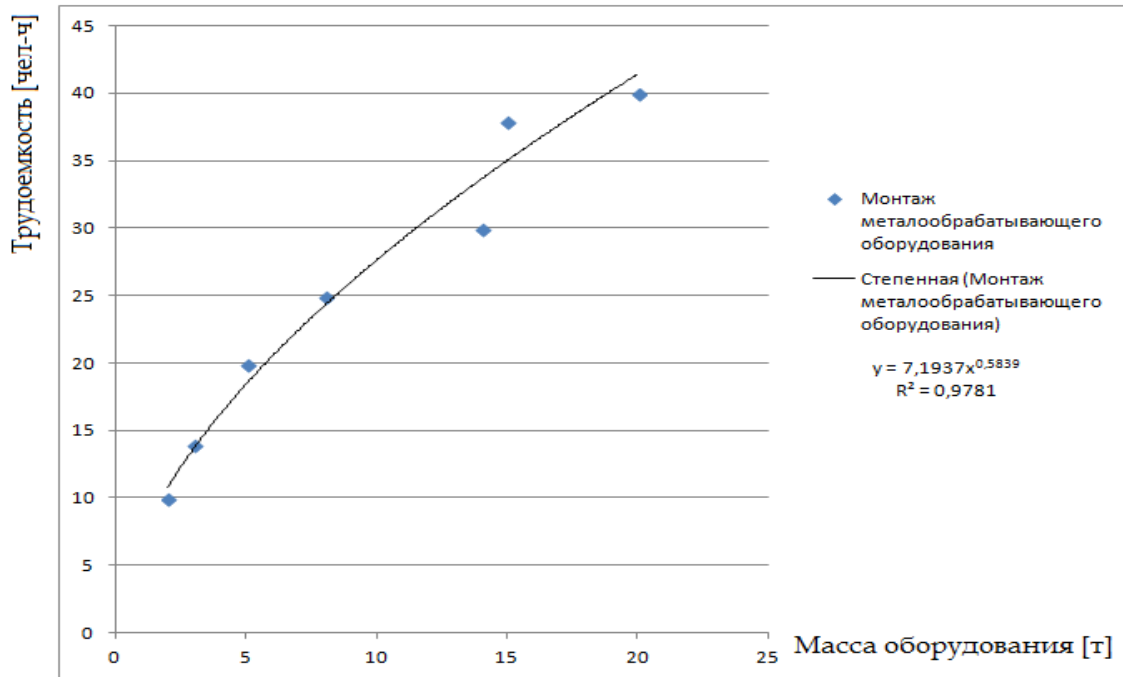


Рисунок 7 – Пример статистической зависимости для разработки электронной БД норм времени этапов ТПП (зависимость трудоемкости монтажа оборудования от его массы)

Для оптимизации технологических процессов и чертежей технологических планировок оборудования предложено использование нейронных сетей, рис.8 и рис.9.

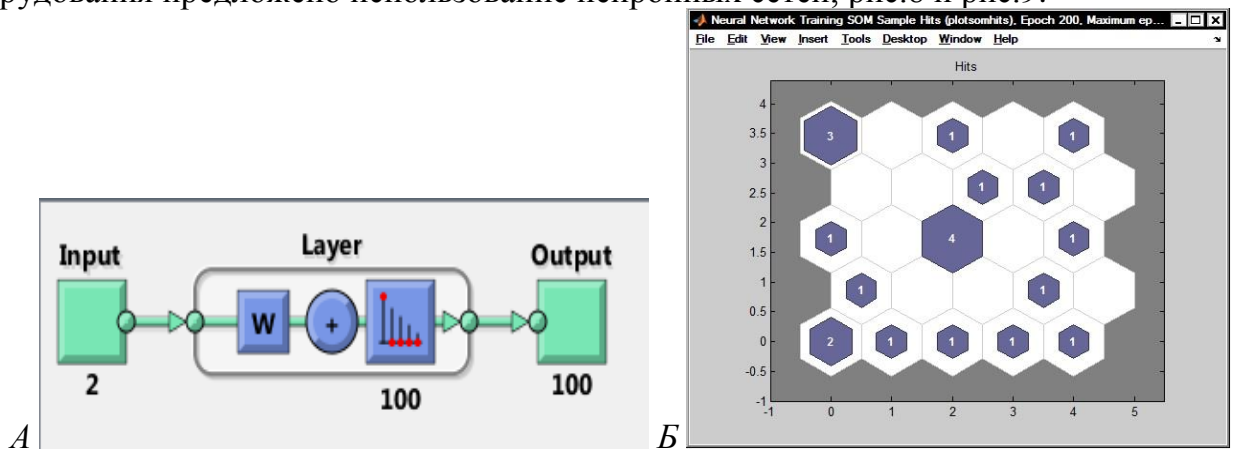


Рисунок 8 – Пример использования нейронной сети Кохонена для решения задачи группирования деталей (А – архитектура сети, Б – диаграмма, показывающая распределение изделий по кластерам)

В каждом кластере выбирается изделие – представитель и для него разрабатывается и оптимизируется проектный технологический процесс (ТП) изготовления. Целевая функция оптимизации в данном случае:

$$F = \mu_1 \cdot T + \mu_2 \cdot C \rightarrow \min, \quad (2)$$

где T – трудоемкость, C – приведенные затраты, μ_1 , μ_2 – положительные числа, характеризующие относительную важность критериев оптимизации. На выходе из сети получено множество вариантов проектных технологических процессов (ТП) для поиска Парето – предпочтительного варианта ТП (рис.9).

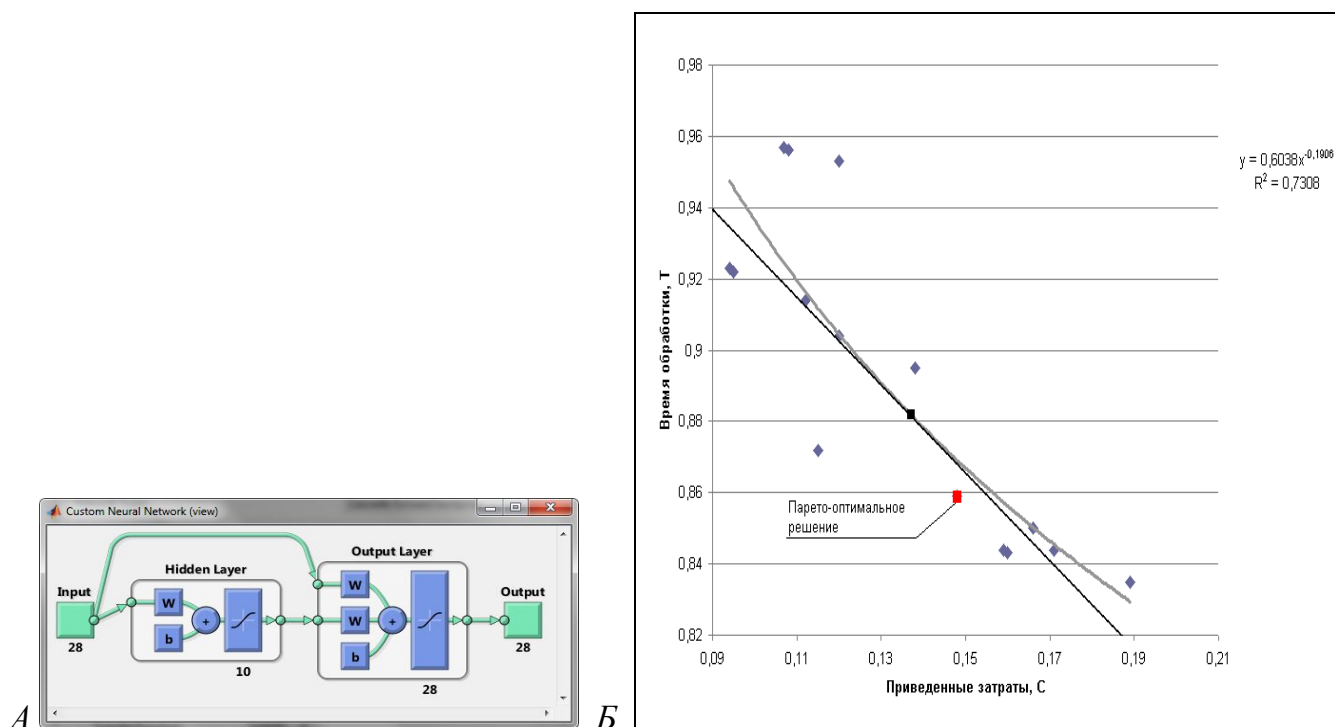


Рисунок 9 – Использование каскадной нейронной сети для решения задачи выбора проектного технологического процесса изготовления изделия (А – архитектура сети, Б – пример выбора Парето-предпочтительного варианта)

На основании результатов группирования изделий и оптимизации проектных технологических процессов их изготовления, разрабатывается 3D-модель производственного подразделения в комнате виртуальной реальности класса CAVE, которая позволяет оптимизировать его планировку (компоновку) по критериям грузопотока и площади:

$$F = \mu_1 \cdot G^* + \mu_2 \cdot S^* \rightarrow \min, \quad (3)$$

где G^* , S^* - значения соответственно грузооборота и площади, приведенные к относительному безразмерному виду по формуле:

$$\varepsilon_i = \frac{k_i}{k_{\max}}, \quad (4)$$

где k_i – значение критерия оптимизации на i -ой итерации алгоритма, k_{\max} – максимальное значение этого же критерия (в данном случае грузооборота G и площади S); μ_1 , μ_2 – положительные числа, характеризующие относительную важность критериев оптимизации (G , S). Предпочтительный вариант выбирается по условиям Парето-оптимальности. Множество точек вариантов технологических планировок оборудования, которые образуют Парето-фронт, формируется с помощью технологии трехмерного моделирования объекта проектирования (корпуса, цеха, участка) по .

В четвертой главе на основе результатов апробации на авиадвигателестроительном производстве с помощью методов динамического и имитационного моделирования была показана эффективность использования каскадного метода управления проектами ТПП (рис. 10)

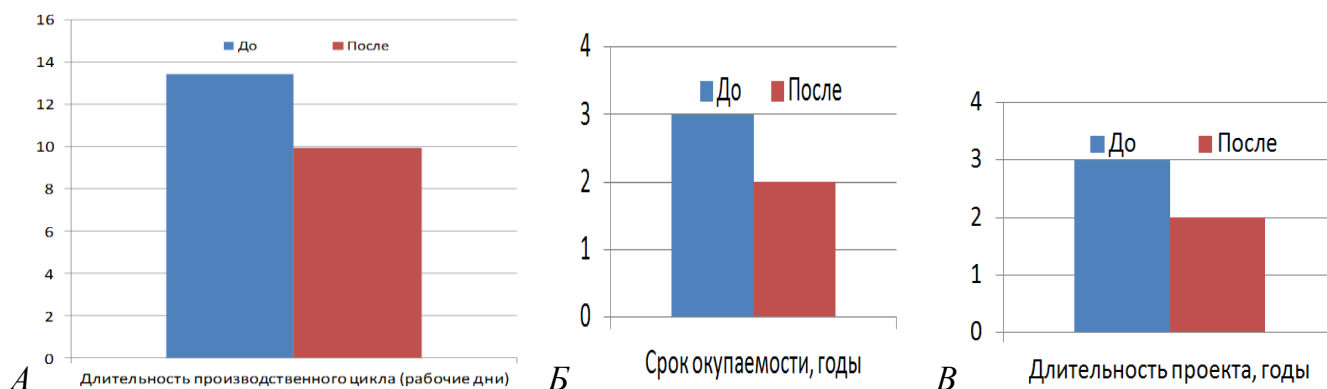


Рисунок 10 – Результаты использования каскадного метода управления проектами ТПП (*А* – сокращение длительности производства партии из 10 изделий, *Б* – снижение срока окупаемости проекта, *В* – сокращение срока выполнения проекта)

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Построенная функциональная модель АСТПП позволила разработать комплексный каскадный метод автоматизации и управления проектами технического перевооружения и реконструкции авиадвигателестроительного производства для постановки на производство новых изделий и освоения новых технологий в машиностроении. Метод обеспечивает системный *анализ*, *синтез* и *верификацию* в инновационных проектах технического перевооружения и реконструкции авиадвигателестроительного производства.

2. Установлено, что процесс развития машиностроительного производства можно представить как последовательную смену *S*-образных кривых развития – кривых «освоения технологий». Указанные зависимости, которые в данном исследовании впервые установлены и статистически обоснованы на примере *анализа* авиадвигателестроительного производства, аналитически описывает решение дифференциального уравнения Ферхюльста.

3. Установлено, что разработанный в диссертационном исследовании комплексный каскадный метод управления проектами технического перевооружения производства позволяет в условиях АСТПП, на основе применения каскадов:

- интегральных,
- дифференциальных,
- алгебраических уравнений и
- каскадных нейронных сетей

оптимизировать проектно-технологические решения, определить сроки выполнения проектов и обеспечивать управление инновационными проектами технического перевооружения в заданные сроки в рамках решения комплекса задач *синтеза* технологической части проекта технического перевооружения авиадвигателестроительного производства.

4. Установлено, что новые статистические зависимости, использованные для обоснования электронных баз данных норм времени, а также новые программные продукты динамического и имитационного моделирования, использованные для *верификации* проектных решений в АСТПП, позволяют повысить достоверность расчетов в инновационных проектах технического перевооружения производства.

5. Установлено, что использование разработанного каскадного метода в АСТПП позволяет сократить сроки выполнения проекта технического перевооружения авиадвигателестроительного производства на год, снизить сроки его окупаемости на 33%, сократить затраты по проекту, уменьшить длительность производственного цикла изготовления изделий.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИСЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Системотехническое моделирование и управление инновационными проектами технического перевооружения производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, А.Ф. Шайхулова // Инновации. 2014. № 6 (188). С. 8–14.
2. Использование закономерностей развития и освоения высоких и критических технологий в управлении инновационными проектами / С. Г. Селиванов, С. Н. Поезжалова, А. Ф. Шайхулова // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 3 (64). С. 162–169.
3. Каскадный метод оптимизации проектных технологических процессов в АСТПП на основе использования искусственных нейронных сетей / С. Г. Селиванов, Г. Ф. Габитова, А. Ф. Шайхулова, А. И. Яхин // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 3 (64) / С. 170–174.
4. Системотехническое моделирование и управление проектами технического перевооружения производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, А. Ф. Шайхулова // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 2 (63). С. 125–133.

Книги

5. Методы инновационного проектирования технологического перевооружения производства / С. Г. Селиванов, А. Ф. Шайхулова, Г.Ф. Камалова. Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of: AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, Saarbrucken, Germany, 2014. 316 с. (монография).
6. Инновационное проектирование цифрового производства / С.Г.Селиванов, А.Ф.Шайхулова, С.Н.Поезжалова, А.И.Яхин. –М.:изд. Инновационное машиностроение, 2016. -264 с.

Публикации в международных изданиях

7. Управление инновационными проектами технического перевооружения производства в системе непрерывной реконструкции предприятий машиностроения / С. Г. Селиванов, А.Ф. Шайхулова // Модернизация России: ключевые проблемы и решения: сб. науч. Тр. XIV Междунар. науч. конф. М.: ИНИОН РАН, 2014. С. 25–40.
8. Использование кривых освоения технологий в управлении проектами ТПП / Селиванов С.Г., Шайхулова А.Ф. // Сборник научных трудов XVI Международной конференции CSIT'2014, Т.2, с.111 – 114, 2014 (на англ. языке).
9. Управление процессами освоения новых технологий в машиностроении в условиях долгосрочного планирования производства / Шайхулова А.Ф., Яхин А.И.// Сборник научных трудов II Международной конференции ITIDS+RRS'2014, Т.1, с.198 – 204, 2014.
10. Закономерности освоения высоких и критических технологий в производстве/ Селиванов С.Г., Поезжалова С.Н., Шайхулова А.Ф.// Сборник научных трудов XVI Международной конференции CSIT'2014, Т.2, 2014.с.66 – 69 (на англ. языке).
11. Применение средств искусственного интеллекта и каскадного метода управления проектами технического перевооружения в машиностроении/ Селиванов С.Г., Шайхулова А.Ф., Яхин А.И.// Сборник научных трудов II Международной конференции «Интеллектуальные технологии обработки информации и управления», Т.2, с.14 – 19, 2014.
12. Будущее развития цифрового производства в России/ Селиванов С.Г., Кутин А.А., Закашевская Н.Н, Шайхулова А.Ф.// Manufacturing Engineering and technology for manufacturing growth: сборник научных трудов конференции. Ванкувер, Канада. С. 31 – 35, 2015 (на англ. языке).
13. Методы модернизации производства на основе его технического перевооружения/ Поезжалова С. Н., Шайхулова А. Ф., Насибуллин Д. Р., Токарева Д. И.// Advances of science. Proceedings of articles: II International scientific conference. Карловы Вары, Чехия. С. 397-429, 2017.

14. Методы проектирования цифрового производства в машиностроении. / Поезжалова С. Н., Шайхулова А. Ф., Яхин А. И. // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодный выпуск 12 РАН ИНИОН. Москва. Ч.3, с 401 – 408, 2017.

Публикации в сборниках трудов российских научно-технических конференций

15. Методы управления инновационными проектами технического перевооружения производства в машиностроении с использованием средств функционального и динамического моделирования»/ А.Ф. Шайхулова // Материалы VI всероссийской научно-практической конференции «Машиностроение – традиции и инновации (МТИ-2013)». Сборник докладов. – М.: МГТУ «Станкин», 2013. – стр.262-267

16. Использование интегральных уравнений Вольтерра в АСТПП для определения объемов работ по техническому перевооружению производства / Селиванов С.Г., Шайхулова А.Ф., Камалова Г.Ф.// Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами: Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Уфимск.гос.авиацион.техн.ун-т. – Уфа, 2013, 265 с.

17. Использование интегральных уравнений Вольтерра для анализа производства в АСТПП / Шайхулова А.Ф.// Мавлютовские чтения Всероссийская молодежная научная конференция: сб.тр. в 5 т. Том 2 / Уфимск. гос. авиацион. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2013. – 309 с.

18. Управление проектами технического перевооружения машино- и приборостроительного производства на основе структурного анализа и долгосрочного планирования производства / Шайхулова А.Ф. // Актуальные проблемы науки и техники. Девятая зимняя школа семинар аспирантов и молодых ученых. Сборник научных трудов в 4 т. Том 2/ Уфимск. Гос. Авиацион.техн. Ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2014. - 340 с.

19. Закономерности освоения высоких и критических технологий средствами технического перевооружения производства / Шайхулова А.Ф. // Мавлютовские чтения Всероссийская молодежная научная конференция: сб.тр. в 5 т. Том 2 / Уфимск. гос. авиацион. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2014. – 309 с.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

20. Свидетельство о государственной регистрации № 2015620546 от 26 марта 2015 года «Электронная база норм времени на выполнение проектных работ по техническому перевооружению производства» / Шайхулова А.Ф., Яхин А.И., Селиванов С.Г., Поезжалова С.Н.

21. Свидетельство о государственной регистрации № 2015613794 от 25 марта 2015 года «Анализ и управление проектами технического перевооружения машиностроительного производства: освоение инновационных технологий» / Шайхулова А.Ф., Селиванов С.Г.

22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015662492 от 06 октября 2015 «Симулятор автоматизированной технологической линии «СимАТЛ» / Кудашов Д.Д., Шайхулова А.Ф.

23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016611826 от 16 декабря 2015 «Трехмерная визуализация производственного процесса промышленного предприятия с управляемым технологическим процессом» / Кудашов Д.Д., Шайхулова А.Ф., Иванов И. В., Рахматуллин Р. Р., Мухтаров А. Р.

Свидетельства о регистрации электронных ресурсов

24. Свидетельство о регистрации электронного ресурса №21627 от 2 февраля 2016 учебный электронный практикум «Инновационное проектирование цифрового производства в машиностроении»/ Селиванов С. Г., Шайхулова А. Ф., Поезжалова С. Н., Яхин А. И.

Диссертант



Шайхулова А. Ф.

ШАЙХУЛОВА Айгуль Фазировна

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ КАСКАДНОГО МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ

Специальность:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производ-
ствами (в машиностроении и приборостроении)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать _____. Формат 60×84 1/16
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.
Тираж 100 экз. Заказ № .

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»
Центр оперативной полиграфии
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12