

На правах рукописи



СЕРГЕЕВ Александр Иванович

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
РЕКОНФИГУРИРУЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ**

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

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Оренбург 2007

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет».

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Сердюк Анатолий Иванович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Лысов Владимир Ефимович;

кандидат технических наук, доцент
Абрамов Константин Николаевич

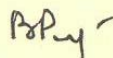
Ведущая организация ГОУ ВПО «Курганский государственный
университет»

Защита состоится « 28 » мая 2007 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.181.02 в ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» по адресу: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, ауд. 6205.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет».

Автореферат разослан « 26 » апреля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Рассоха В.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В 2004 году уровень роста машиностроения у многих стран мира достиг рекордной отметки в 23 %, тогда как в России эта отрасль дала только 3 % увеличения объема продукции.

Одной из причин такого бурного развития за рубежом является переход к так называемой «экономной» автоматизации, характеризуемой внедрением реконфигурируемых производственных систем (РПС), способных работать в «безлюдном» режиме 140 часов в неделю и по 20 часов в сутки.

Термин «реконфигурация» означает способность регулировать производственную мощность и функциональные возможности производственной системы в соответствии с текущими производственными условиями путем изменения компоновки оборудования или компонентов системы.

Современным инструментом для оценки принимаемых в процессе реконфигурации решений служит моделирование. При этом отечественные проблемно-ориентированные программные продукты для моделирования РПС практически отсутствуют. Западные разработки характеризуются высокой стоимостью и поставляются в виде «черного ящика» без гарантии соответствия рекламируемых возможностей реально имеющимся.

Обзор литературных источников и современных систем моделирования позволил выявить следующую проблему: процедуры синтеза реконфигурируемых параметров РПС выполняются человеком в интерактивном режиме на основе многовариантного анализа, что увеличивает трудоемкость и снижает качество принимаемых решений.

Отсюда следует, что разработка проблемно-ориентированной программной среды, позволяющей осуществлять автоматизированную подготовку технических параметров РПС на этапе реконфигурации, является одной из актуальных задач в рамках стратегии и концепции развития машиностроительного комплекса России.

Необходимость разработки практических решений для автоматизации синтеза технических параметров оборудования в процессе проектирования, эксплуатации и реконфигурации РПС определила выбор темы, цель, задачи и структуру диссертации.

Настоящая работа соответствует приоритетному направлению науки и техники «Производственные технологии» (Утверждено Президентом РФ Пр-577 от 30.03.2002), критической технологии «Информационная интеграция и системная поддержка жизненного цикла продукции (CALS-, CAD-, CAM-, CAE-технологии)» и выполнена в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы № 01000000120 «Разработка интеллектуальных систем автоматизированного проектирования и управления» на кафедре систем автоматизации производства Оренбургского государственного университета.

Актуальность темы работы подтверждается также ее финансированием в рамках выполнения г/б НИР № 01200607409 «Разработка методологии создания высокоэффективных производственных систем нового поколения с заданными свойствами».

Цель работы – сокращение времени и повышение обоснованности принятия решений за счет автоматизации процедур синтеза технических параметров РПС.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Анализ существующих систем имитационного моделирования и выбор подхода к моделированию РПС.
2. Разработка модели, описывающей работу РПС с учетом конкретных характеристик оборудования.
3. Разработка алгоритма автоматизированного синтеза технических параметров РПС.
4. Программная реализация системы автоматизированного синтеза технических параметров РПС.
5. Разработка метода, позволяющего перейти от данных о планируемой производственной программе к техническому предложению на реконфигурацию РПС.

Объект исследования – процесс поиска технических параметров РПС на этапе реконфигурации.

Предмет исследования – формализация процедур синтеза технических параметров РПС.

Методы исследования. В работе использованы методы системного анализа, теории массового обслуживания, математического моделирования, математическая логика, эволюционные методы синтеза. При разработке программного обеспечения применялись методы структурного и объектно-ориентированного программирования.

Научную новизну составляют:

- 1) применение метода автоматизированного построения циклограмм для синтеза технических параметров РПС, что позволило связать в обобщенном алгоритме данные о технических параметрах оборудования, данные об изделиях, составе сменного задания и показатели эффективности функционирования системы;
- 2) математическое и алгоритмическое обеспечение процедур автоматизированного синтеза рациональных комплектов технических параметров РПС, основанного на применении генетических алгоритмов, целевая функция в котором рассчитывается по результатам моделирования на выборке вариантов сменного задания;
- 3) закономерности влияния данных о технических параметрах оборудования, данных об изделиях, составе сменного задания на показатели эффективности РПС;
- 4) метод автоматизированного синтеза технических параметров РПС на основе имитационного моделирования.

Практическая значимость работы включает:

- 1) алгоритмическое представление процесса поиска оптимальных значений технических параметров РПС механообработки;

2) результаты вычислительных экспериментов как информационное обеспечение автоматизированной системы технической подготовки производства, содержащее качественные и количественные характеристики закономерностей влияния значений параметров оборудования на эффективность РПС;

3) реализация формализованного описания поиска оптимальных значений технических параметров РПС в виде зарегистрированного программного продукта «ProSintez»;

4) получение в качестве выходных данных нескольких комплектов проектных параметров оборудования, удовлетворяющих заданным ограничениям;

5) адаптация и внедрение результатов работы в учебный процесс вуза.

Реализация работы. Результаты работы в виде программного продукта «ProSintez» (свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2006612181 от 22.06.2006 г.) и методических указаний по его использованию приняты к внедрению на оренбургских предприятиях ОАО «Оренбургский станкозавод», ОАО «Производственное объединение «Стрела», внедрены в учебный процесс Оренбургского государственного университета.

Апробация полученных результатов. Основные положения, материалы и результаты работы представлялись и были одобрены на региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Оренбург, 2004), XVI и XVII международных Интернет-конференциях молодых ученых и студентов по современным проблемам машиноведения (Москва, 2004, 2005), всероссийских научно-практических конференциях «Самостоятельная работа студента: организация, технологии, контроль» (Оренбург, 2005), «Компьютерная интеграция производства и ИПИ (CALS) технологии» (Оренбург, 2005), «Имитационное моделирование, теория и практика» ИММОД 2005 (С.-Петербург, 2005) «Вызовы XXI века и образование» (Оренбург, 2006), на V международном конгрессе «Конструкторско-технологическая информатика-2005» (Москва, 2005), на международных научно-технических конференциях «Повышение качества продукции и эффективности производства» (Курган, 2006), «Автоматизация технологических процессов и производственный контроль» (Тольятти, 2006).

Положения, выносимые на защиту:

1. Формализованное описание функционирования РПС на уровне технологической операции.

2. Алгоритмы реализации автоматического синтеза организационно-технических параметров с накоплением статистических распределений показателей эффективности.

3. Программное средство «ProSintez» как система поддержки принятия решений в АСТПП.

4. Закономерности влияния параметров оборудования, данных об изделиях, возможном составе сменного задания (СЗ) и правил обслуживания на эффективность РПС.

5. Метод автоматизированного синтеза технических параметров РПС на основе имитационного моделирования.

Публикации. По материалам диссертационной работы и результатам ис-

следования опубликованы 23 печатные работы, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК; 13 публикаций в сборниках материалов конференций международного и российского уровня; 1 свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ в Роспатенте; 6 зарегистрированных программ для ЭВМ в ОФАП Минобрнауки,

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников из 111 наименований, приложения. Работа выполнена на 214 страницах, включая 69 рисунков и 16 таблиц, 42 страницы приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность решаемой научной задачи, указывается связь исследований с государственными научными программами, формулируются цель и задачи исследования, перечисляются подходы и методы решения задач, приводятся положения, выносимые на защиту, отмечается научная новизна и практическая значимость.

В первой главе решается первая задача «Анализ существующих систем имитационного моделирования (СИМ) и выбор подхода к моделированию РПС». Рассматриваются вопросы реконфигурации РПС. Приведены результаты обзора литературных источников, посвященных данной тематике.

Отмечено, что на современном производстве для анализа управленческих, организационных и проектных решений используются системы имитационного моделирования: универсальные (GPSS World, Arena, AnyLogic, Extend, ProModel, SimProcess, VenSim, PowerSim, Stella и др.) и проблемно-ориентированные (ТОМАС, SIRE, AutoMod, «Каскад» (разработка ГОУ ОГУ), предназначенные для моделирования производственных систем различного назначения; специализированные MEDMODEL для моделирования медицинского обслуживания и COMNET для моделирования в области телекоммуникаций).

Выполнено исследование возможностей некоторых СИМ на предмет их применения в автоматизированном синтезе технических параметров РПС. Для сравнения выбраны три системы: AnyLogic, GPSS World и система «Каскад».

Результаты анализа позволили установить следующее:

Универсальные СИМ

1. Реализуемый подход описывает РПС как сложную стохастическую систему, функционирование которой характеризуется случайными величинами: временем поступления и интенсивностью потоков заявок на обслуживание, временем обработки заготовок, использованием накопителей, простоями оборудования и т.д.

2. Изменение количества оборудования требует изменения структуры модели (в GPSS – изменение текста программы, в AnyLogic – изменение структуры модели).

3. Используемые входные и выходные данные весьма условно и поверхностно интерпретируют функционирование РПС, делая непригодными указанные СИМ для автоматизированного параметрического синтеза технических параметров РПС.

Проблемно-ориентированная система моделирования «Каскад»

1. Позволяет оперировать конкретными характеристиками РПС.

2. Моделирование ведется на уровне технологического перехода, что увеличивает количество используемых проектных параметров.

3. Система «Каскад» предназначена для работы в операционной системе DOS, что затрудняет ее взаимодействие с современными приложениями в среде Windows.

На основании проведенного анализа выявлено, что ни одна из рассмотренных СИМ в целом не подходит для автоматизации проектных процедур синтеза технических параметров РПС. Однако, подход, используемый в системе «Каскад», а именно метод автоматизированного построения циклограмм, можно применить для разработки модели, описывающей работу РПС с учетом конкретных характеристик оборудования.

Произведен анализ существующих методов синтеза. Рассмотрены классические методы оптимизации, системы искусственного интеллекта, эволюционные методы. Сделан вывод о том, что наиболее предпочтительным в качестве метода синтеза является применение генетических алгоритмов.

На основе проведенного аналитического обзора сформулирована цель работы и задачи, которые необходимо решить для ее достижения.

Вторая глава посвящена решению второй задачи – разработки модели, описывающей работу РПС с учетом конкретных характеристик оборудования.

Разработано математическое обеспечение модели, описывающей работу РПС на уровне технологической операции.

Расчет простоев станка осуществляется по формуле, с:

$$P_{Cmi} = M_{ПНi,j} - T_{Конi}, \quad (1)$$

где i – номер станка; j – номер позиции пристаночного накопителя; P_{Cmi} – величина простоев i -го станка, с; $M_{ПНi,j}$ – момент выгрузки деталиустановки (ДУ) с j -ой позиции в рабочую зону i -го станка, с; $T_{Конi}$ – момент окончания обработки предыдущей ДУ, с.

Момент выгрузки ДУ с j -ой позиции в рабочую зону станка определяется:

$$M_{ПНi,j} = T_{Опр.Cmi} + T_{СмДУj}, \quad (2)$$

где $T_{Опр.Cmi}$ – время работы станка, с; $T_{СмДУj}$ – время смены ДУ на столе i -го станка, с.

Время работы станка определяется из следующего соотношения, с:

$$V_{Опр.Cmi} = M_{ПНi,j} + T_{СмДУk} * 60, \quad (3)$$

где k – номер обрабатываемой ДУ.

Суммарные простои одного станка, с:

$$P_{См.Сумi} = \sum_{i=1}^C P_{Cmi}, \quad (4)$$

где C – количество станков, шт.

Общие простои транспорта определяются как сумма простоев транспорта в разные моменты времени, с:

$$P_{ТС.Сум} = \sum P_{ТС}, \quad (5)$$

где $P_{ТС}$ – простои транспортного средства в моменты обслуживания, с

$$P_{TC} = M_{\text{ПН}i,j} + T_{\text{Omp}}, \quad (6)$$

где T_{Omp} – общее время работы обслуживаемого транспортом станка, с, определяется по формуле:

$$T_{\text{Omp}} = P_{TC} + T_{T.Oп}, \quad (7)$$

где $T_{T.Oп}$ – время транспортной операции, с.

Общее время работы обслуживаемого транспортом станка T_{Omp} используется в расчете простоя транспортного средства P_{TC} , тогда как при расчете P_{TC} учитывается T_{Omp} . Это возможно потому, что в разные моменты времени значения этих показателей различны. Перед началом моделирования эти данные обнуляются.

На основе описанного математического обеспечения формализовано описание функционирования РПС на уровне технологической операции и реализовано в программе «Modeling». Осуществлено тестирование и настройка программы, в рамках которых выполнена проверка программы на адекватность и достоверность. Схема работы программы представлена на рисунке 1.

Приведена методика применения разработанной программы в исследованиях. Описана возможность оценки диспетчерских решений и технических параметров. Результаты моделирования в системе «Modeling» позволяют диспетчеру: оперативно определять по задаваемым ограничениям состав рекомендуемых вариантов сменно-суточного задания; формировать рациональную номенклатуру деталей для изготовления в проектируемой или эксплуатируемой РПС; задавать правила выбора заявок на обслуживание; оценивать целесообразность внедрения в РПС с устоявшейся номенклатурой изделий технологии изготовления новой детали; оценивать эффективность работы РПС при заданной производственной программе.

Для оценки технических параметров оборудования необходимы многократные прогоны программы при различных вариантах СЗ, содержание которых приводит к значительным колебаниям эффективности РПС.

Из сгенерированных вариантов СЗ подготавливается выборка, состоящая из 100-200 вариантов, для каждого из которых осуществляется цикл моделирования. Тем самым на выходе получается 100-200 значений показателя эффективности функционирования РПС. Оценка эффективности РПС ведется по полученному среднему значению.

В разработанной модели в качестве целевой функции могут выступать следующие показатели эффективности РПС:

1) коэффициент загрузки оборудования, характеризующий использование оборудования по времени:

$$K_{\text{РПС}} = \frac{T_P}{T_\phi} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где T_P - время работы оборудования, мин; T_ϕ - фактическая трудоемкость сменного задания, мин;

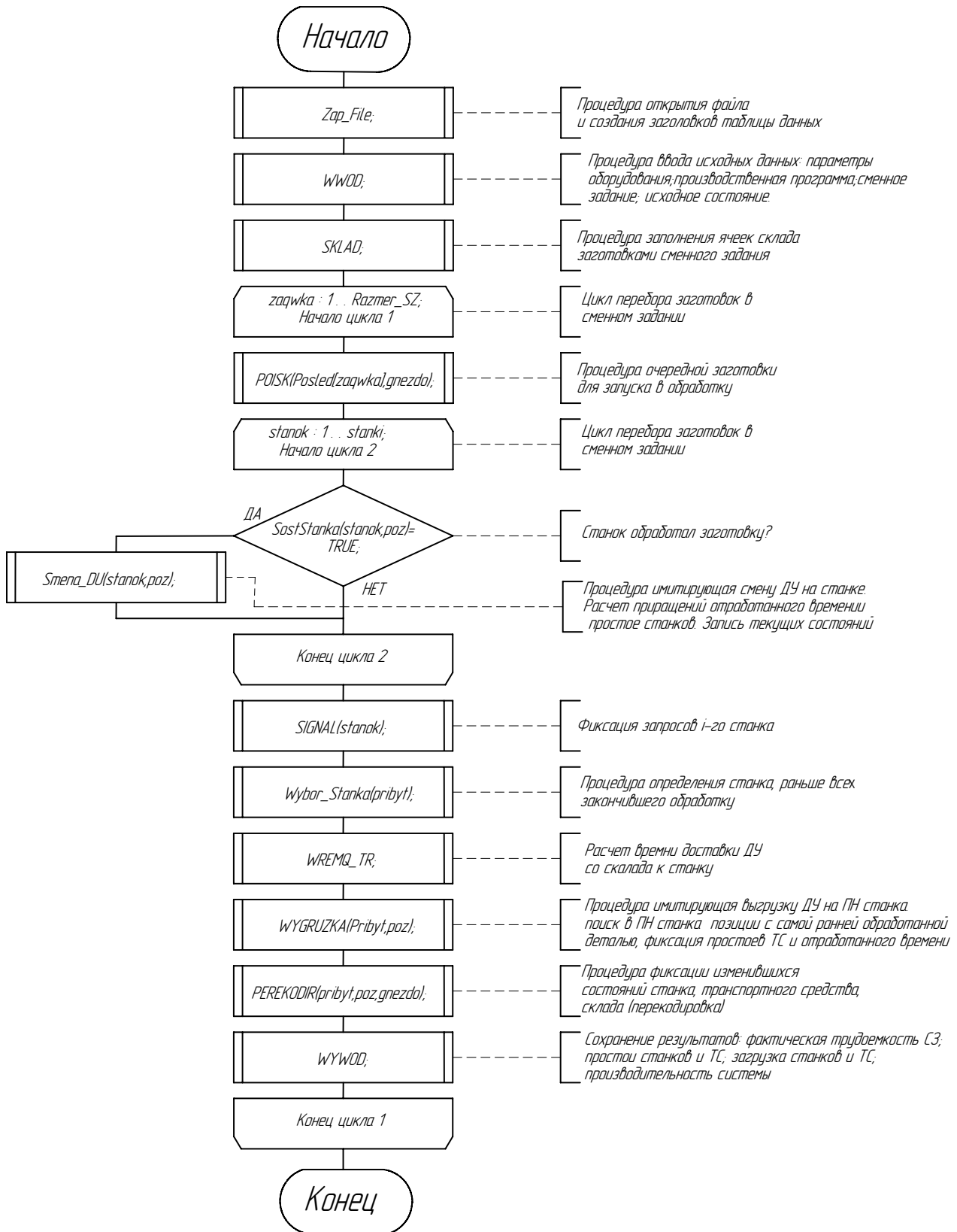


Рисунок 1 – Схема работы программы «Modeling»

2) производительность, оценивающая количество произведенной продукции в единицу времени:

$$P_{\text{РПС}} = \frac{N_{\text{СЗ}}}{T_{\text{ВыпСЗ}}}, \quad (9)$$

где $N_{СЗ}$ - количество изделий в сменном задании, шт;

3) срок окупаемости РПС, характеризующий влияние параметров оборудования на период окупаемости капитальных вложений:

$$L_o = \frac{T_{\phi}}{T_{ц} \cdot K_{РПС}}. \quad (10)$$

В представленном виде модель применима для оценки технических параметров оборудования, например, для оценки требуемой скорости робокары (рисунок 2).

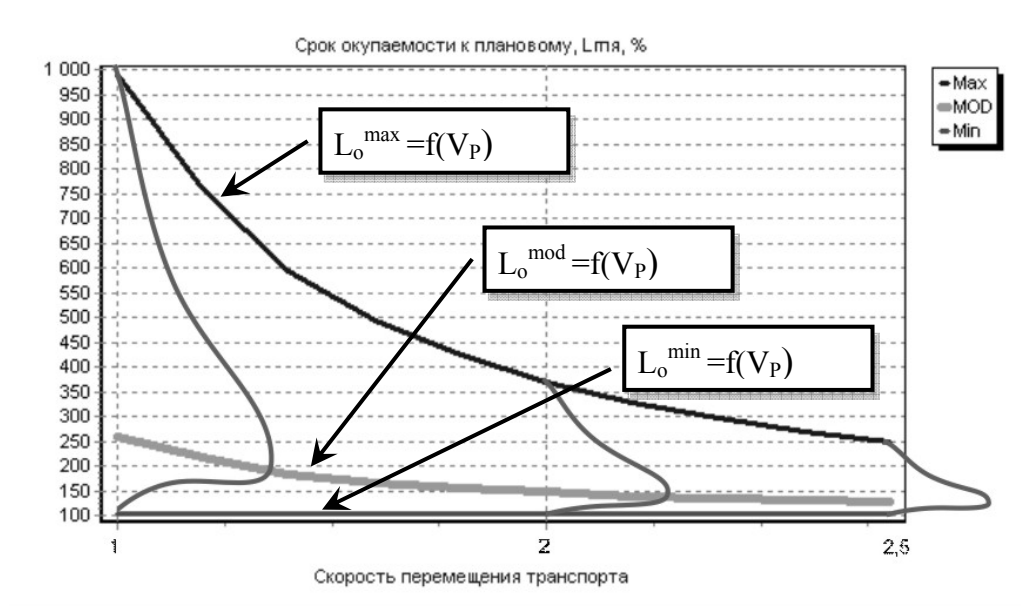


Рисунок 2 - Влияние скорости перемещения робокары на срок окупаемости РПС

Из рисунка 2 следует, что для использованных данных изменение проектной скорости робокары с 1,0 до 2,5 м/с ведет к уменьшению среднего срока окупаемости РПС с 250% до 130%.

Использование полученной модели позволяет:

- произвести оптимизацию проектных параметров оборудования по выбранным показателям эффективности РПС;
- по заданным ограничениям, например, на наибольший срок окупаемости затрат L_o^{max} , оптимизировать эксплуатационные режимы в виде технологических и организационных решений.

Таким образом, полученная модель РПС пригодна для оптимизации комплекса технических, технологических и организационных решений, использованных в качестве исходных данных.

В третьей главе решаются третья и четвертая задачи: «Разработка алгоритма автоматизированного синтеза технических параметров РПС», «Программная реализация системы автоматизированного синтеза технических параметров РПС».

В работе реализовано два подхода: реализация генетического алгоритма (используется терминология из эволюционных методов поиска) и метод полного перебора.

В качестве синтезируемых параметров могут быть выбраны параметры, для которых возможно варьирование в процессе достижения заданного показателя эффективности. Сюда включены: 1) приоритет станка, $P_{cm} = \{1..C\}$; 2) число позиций в пристаночных накопителях $N_{ПН}$; 3) время смены заготовки на станке $T_{см,ДУ}$; 4) скорость транспортного средства $V_{ТС}$; 5) количество позиций заготовок на транспортном средстве $N_{Поз}$; 6) время смены ДУ на транспортном средстве $T_{см,ТС}$; 7) правило обслуживания $P_{обсл}$. Так как каждый из станков может обладать различным уровнем приоритета, то число, обрабатываемых алгоритмом параметров меняется от 9 до 25.

Генетический алгоритм синтеза технических параметров РПС показан на рисунке 3. Первоначальный выбор исходной популяции (набор комплектов параметров РПС) осуществляется определением случайным образом значения каждого параметра в заданных границах. Популяция составляет 30 хромосом (комплект синтезируемых параметров). Для того, чтобы оценить приспособленность хромосомы, производится моделирование с использованием параметров каждого комплекта. По полученным показателям эффективности проверяется условие завершения выполнения алгоритма.

В алгоритме реализованы 3 стратегии завершения: 1) по достижении выбранного показателя эффективности $P_{э} \geq (\leq) P_{ГР}$; 2) выполнение алгоритма не приводит к улучшению уже достигнутого значения; 3) если условие завершения, описанные выше, не выполняется, то алгоритм прекращает свою работу через заданное количество итераций.

Результаты представляются в виде таблицы, в которую вносятся лучшие хромосомы из каждой популяции, что позволяет создавать комплекты параметров, удовлетворяющих заданным ограничениям.

Результаты работы генетического алгоритма

№ эпохи	Приоритет					Число позиций в пристаночном накопителе	Вр. смены ДУ на станке	Скорость ТС	Количество позиций ДУ на ТС	Вр смены ДУ на ТС	Правило обслуживания	Кгпс	Ргпс	Лгпс
1	5	5	1	2	5	3	50	1,32	1	37	0	54,86	0,28	336,99
...														
16	4	5	4	3	4	3	44	2,34	2	24	1	84,23	0,38	129,15
18	4	5	4	3	4	5	45	2,34	2	23	1	84,80	0,39	129,42

На основе анализа различных методов селекции хромосом (метод колеса рулетки, турнирный метод, ранговый метод и др.) выбран турнирный метод, позволяющий производить многокритериальную оптимизацию и относящийся к элитарным методам селекции.

В качестве операторов скрещивания использованы 3 вида кроссовера:

1) расширенный линейчатый кроссовер (extended line crossover); 2) смешанный кроссовер (blend, BLX-alpha crossover); 3) SBX (Simulated Binary Crossover)

кроссовер, моделирующий принципы работы двоичного оператора скрещивания.

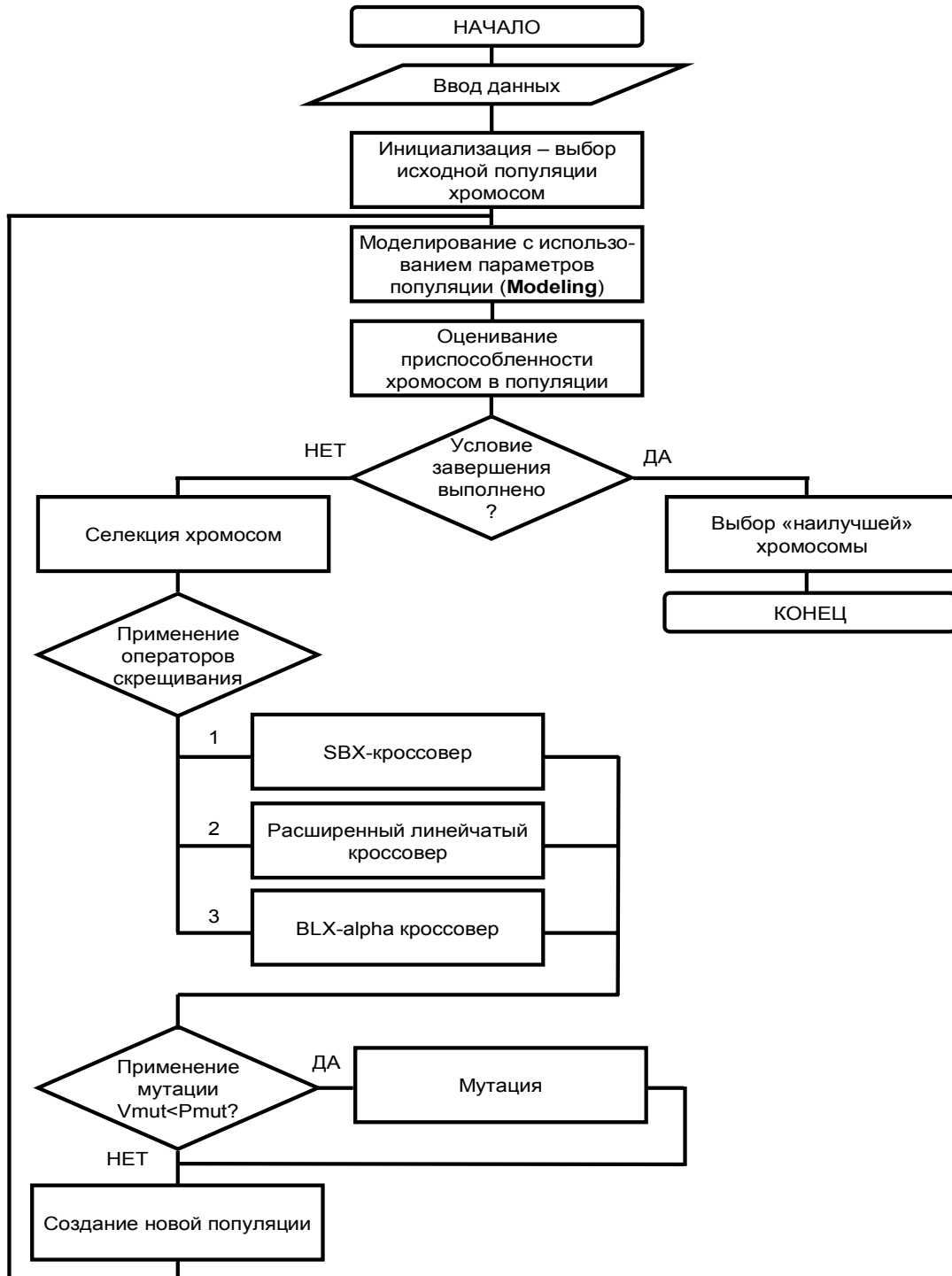


Рисунок 3 – Генетический алгоритм синтеза параметров оборудования РПС

Проведенные эксперименты показали, что в большинстве случаев самым эффективным является SBX-кроссовер (рисунок 4). Таким образом, другие кроссоверы рекомендуется использовать в том случае, если применение SBX-кроссовера не дает желаемых результатов.

В работе всех кроссоверов прослеживалась преждевременная сходимость алгоритма. Чтобы избавиться от этого недостатка, добавлена операция мутации, с заданной вероятностью случайным образом изменяющая значение гена.

Для проверки корректности работы генетического алгоритма проведены машинные эксперименты, а также реализован алгоритм синтеза методом полного перебора возможных соотношений параметров.

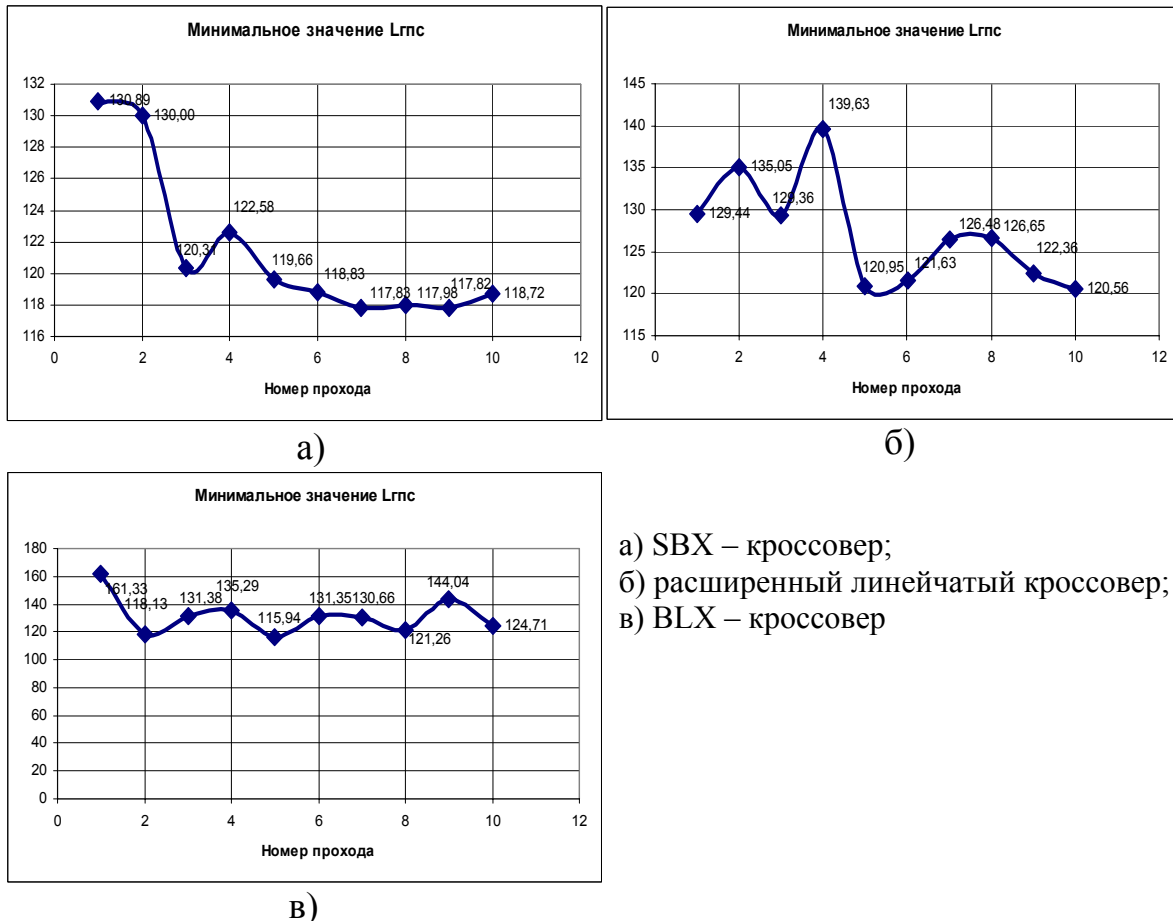


Рисунок 4 – Изменение срока окупаемости в процессе работы алгоритма

Количество полученных комплектов определяется по формуле:

$$S = \prod_{i=1}^{K_P} \left(\frac{|P_{i \min} - P_{i \max}|}{\Delta P} + 1 \right), \quad (11)$$

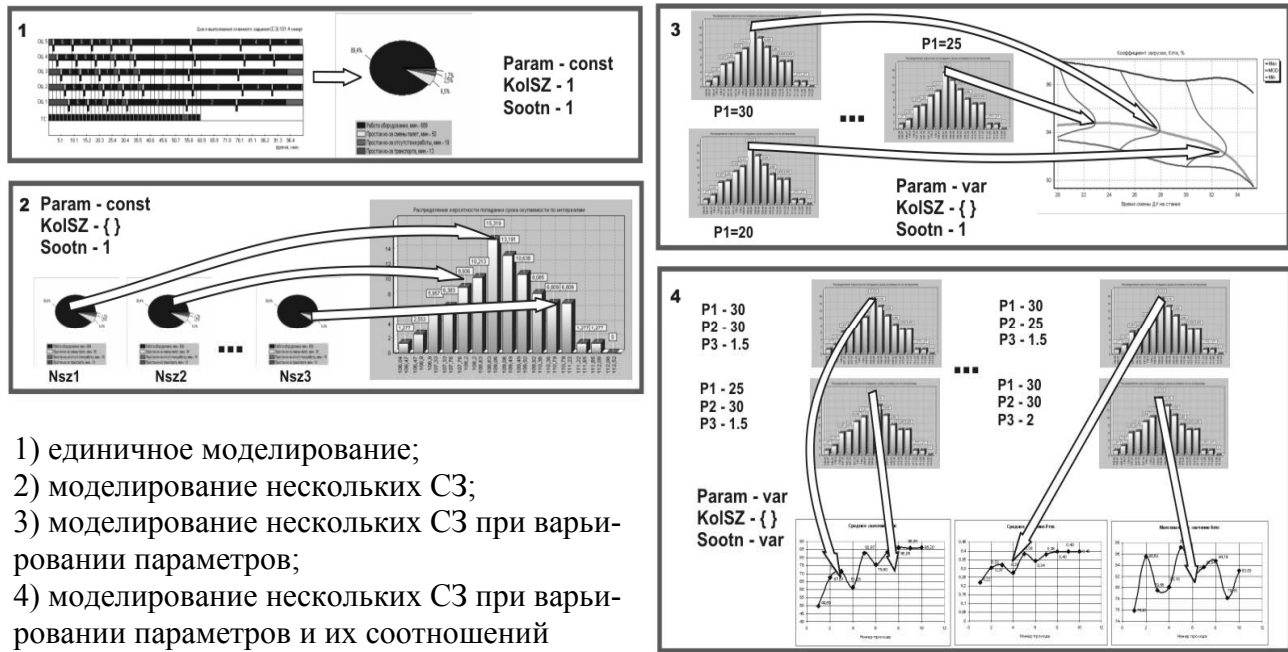
где i – номер варьируемого параметра; K_P – количество варьируемых параметров; $P_{i \min}$, $P_{i \max}$ – граничные значения i -го параметра; ΔP_i – шаг изменения i -го параметра.

Для участка из 15 станков методом полного перебора требуется порядка 7000000 вычислений целевой функции, тогда как при использовании генетического алгоритма для достижения экстремума это значение не превышает 3000, а обычно составляет 900-1500.

Формализованный алгоритм автоматизированного синтеза технических параметров РПС реализован в виде программы «ProSintez», на которую получены свидетельства о регистрации в УФАП, ОФАП и Роспатенте.

В четвертой главе решается пятая задача – «Разработка метода, позволяющего перейти от данных о планируемой производственной программе к техническому предложению на реконфигурацию РПС».

Функциональные этапы разработанного метода располагаются в последовательности, представленной на рисунке 5. Из рисунка видно, что на 2, 3 и 4 этапах программа оперирует данными, полученными в результате обработки выборки нескольких сменных заданий.



- 1) единичное моделирование;
- 2) моделирование нескольких СЗ;
- 3) моделирование нескольких СЗ при варьировании параметров;
- 4) моделирование нескольких СЗ при варьировании параметров и их соотношений

Рисунок 5 – Функциональные этапы метода перехода от данных о планируемой производственной программе к техническому предложению на реконфигурацию РПС

К особенностям данного метода можно отнести следующие: 1) основывается на применении модели, учитывающей конкретные характеристики РПС; 2) для каждого изменения состояния моделируемой системы учитывается широкая номенклатура СЗ; 3) расчет целевой функции осуществляется по результатам моделирования; 4) использование на этапе синтеза перспективного научного направления с применением генетических алгоритмов позволяет отбрасывать неэффективные решения, что дает возможность оперировать большим количеством варьируемых параметров и снижает количество вычислений целевой функции.

Предложенный подход позволяет получить не одно значение экстремума целевой функции, а несколько. Так как все эти значения удовлетворяют наложенным ограничениям, то любой из вариантов может быть принят в качестве проектного.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Установлено, что модель, созданная в универсальных системах имитационного моделирования, вынуждает абстрагироваться от конкретных характеристик систем, что делает невозможным их применение для автоматизированного синтеза технических параметров РПС. Поэтому для моделирования ис-

пользован метод автоматизированного построения циклограмм, позволяющий оперировать конкретными характеристиками оборудования и данными об изделиях.

2. Разработано математическое обеспечение и формализованное описание процесса функционирования РПС на уровне технологической операции, что позволило вскрыть зависимости показателей эффективности РПС от технических, технологических и организационных параметров.

3. Разработан алгоритм автоматизированного синтеза, основанный на использовании генетических алгоритмов, позволяющий снизить количество вычислений целевой функции и синтезировать все используемые в модели параметры.

4. Создан, протестирован и апробирован программный продукт «ProSintez», предназначенный для автоматизации процесса реконфигурации РПС. Произведены вычислительные эксперименты для настройки системы, проверки достоверности полученных результатов.

5. Разработан метод автоматизированного перехода от данных о планируемой производственной программе к техническому предложению на реконфигурацию РПС, основанный на использовании метода автоматизированного построения циклограмм и эволюционных методов синтеза, с применением программного средства «ProSintez».

6. Время достижения экстремума целевой функции по сравнению с системой «Каскад» сократилось с 2 часов до 30 минут. Повысилось качество принимаемых решений на этапе реконфигурации за счет полного охвата варьируемых параметров и замены действий проектировщика алгоритмом автоматизированного синтеза.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Сергеев, А. И. Оптимизация технологических параметров гибких производственных систем : материалы региональной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Оренбургской области / А. И. Сергеев. – Оренбург : РИК ГОУ ОГУ, 2004. – С. 70 –71.

2. Сергеев, А. И. Обоснование моделирования ГПС в среде «Каскад» : тезисы докладов XVI международной Интернет-конференции молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения (МИКМУС-2004) / А. И. Сергеев . – М. : ИММАШ РАН, 2004. – С. 148.

3. Сергеев, А. И. Использование систем моделирования «Anylogic» и «Каскад» в курсе Автоматизации производства : материалы всерос. науч.-практ. конф. «Самостоятельная работа студента» / А. И. Сергеев. – Оренбург : ОГУ, 2005.

4. Сергеев, А. И. Инструментальная среда проектирования ГПС механообработки : сб. статей всерос. науч.-практ. конф. «Компьютерная интеграция производства и ИПИ (CALS) технологии» / А. И. Сердюк, Л. В. Карагулова, М. А. Корнипаев, А. И. Сергеев. – Оренбург : ИПК ОГУ, 2005. – С. 141 – 145.

5. Сергеев, А. И. Сравнение языка моделирования “GPSS” и системы «Каскад» применительно к синтезу параметров гибких производственных сис-

тем механообработки : сб. статей всерос. науч.-практ. конф. «Компьютерная интеграция производства и ИПИ (CALS) технологии» / А. И. Сергеев. – Оренбург : ИПК ОГУ, 2005. – С. 135 – 138.

6. Сергеев, А. И. Компьютерная система «Каскад» как инструмент проектировщика, технолога и диспетчера ГПС : сб. трудов XXV Российской школы по проблемам науки и технологий / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – М. : РАН, 2005. – С. 383 – 390.

7. Сергеев, А. И. Методология синтеза производственных систем с заданными свойствами : сб. трудов V международного конгресса «Конструкторско-технологическая информатика – 2005» / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев, М. А. Корнипаев, Ф. Ф. Гильфанова. – М. : ИЦ ГОУ МГТУ «Станкин», «Янус-К», 2005. – С. 291 – 294.

8. Сергеев, А. И. Подготовка специалистов в области гибкой автоматизации : сб. докладов второй всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» ИММОД-2005. – Т2 . / А. И. Сергеев. – СПб. : ФГУП ЦНИИТС, 2005. – С. 198 – 201.

9. Сергеев, А.И. Новый подход к формализованному описанию производственных систем : сб. статей всерос. науч.-практ. конф. «Современные информационные технологии в науке, образовании и практике» / Ф. Ф. Гильфанова, А. И. Сергеев. – Оренбург, ИПК ГОУ ОГУ, 2005. – С. 250 – 252.

10. Сергеев, А. И. Модель, описывающая работу ГПС с учетом характеристик оборудования : тезисы докладов XVII международной Интернет-конференции молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения (МИКМУС-2005) / А. И. Сергеев. – М. : ИМАШ РАН, 2005. – С. 200.

11. Сергеев, А. И. Метод циклограмм в построении компьютерных моделей ГПС / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев // Автоматизация и современные технологии, – 2005. – №11. – С. 17 – 23.

12. Сергеев, А. И. Проектирование гибких производственных систем с заданным сроком окупаемости / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев // СТИН, – 2005. – №11. – С. 20 – 26.

13. Сергеев, А. И. Стратегия и тактика формирования технического предложения по созданию гибких производственных систем механообработки / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев, М. А. Корнипаев, Ф. Ф. Гильфанова // Вестник Оренбургского государственного университета, 2006. – №1. – С. 138 – 145.

14. Сергеев, А. И. Курс гибкой автоматизации в машиностроении : материалы всерос. науч.-практ. конф. «Вызовы XXI века и образование» / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев, М. А. Корнипаев, Л. В. Карагулова, С. В. Фадеев. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2006. – С. 127 – 129.

15. Сергеев, А. И. Влияние параметров оборудования на показатели эффективности гибких производственных ячеек / А. И. Сергеев // Вестник Курганского государственного университета. (Серия «Технические науки»). – Вып. 2. – Ч. 2. – 2006. № 1. – С. 63 – 65.

16. Сергеев, А. И. Мультимедиа курс подготовки специалистов в области гибких производственных систем : сб. докл. международной научно-техниче-

ской конференции «Автоматизация технологических процессов и производственный контроль» . Ч. 1. / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – Тольятти : ТГУ, 2006. – С. 288 – 291.

17. Сергеев, А. И. «Программный модуль объемных расчетов ГПС механообработки «Экспресс-анализ» : свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД .02069024.00035-01, инв. номер ФАП 4569 (инв. номер ВНТИЦ. 50200500455). / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – М. : ОФАП, 2005. – 120 Кб.

18. Сергеев, А. И. «Информационный ресурс глобального доступа «Основы создания ГПС механообработки» : свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД .00222042.00036-01, инв. номер ФАП 4560 (инв. номер ВНТИЦ. 50200500440). / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев., М. А. Корнипаев. – М. : ОФАП, 2005. – 750 Кб.

19. Сергеев, А. И. «Интегрированная система расчета и моделирования ГПС механообработки «Каскад» : свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД .00342134.00034-01, инв. номер ФАП 4561 (инв. номер ВНТИЦ. 50200500447). / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – М. : ОФАП, 2005. – 750 Кб.

20. Сергеев, А. И. «Электронный учебный курс «Основы создания ГПС механообработки» : свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД .02069024.00033-01, инв. номер ФАП 4564 (инв. номер ВНТИЦ. 50200500450). / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – М. : ОФАП, 2005. – 105000 Кб.

21. Сергеев, А. И. «Система моделирования гибких производственных ячеек механообработки методом циклограмм «Modeling» : свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД .02069024.00063-01, инв. номер ФАП 5583 (инв. номер ВНТИЦ. 50200600071). / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев., Ф. Ф. Гильфанова. – М. : ОФАП, 2006. – 708 Кб.

22. Сергеев, А. И. «Система автоматизированного проектирования параметров производственных ячеек механообработки «ProSintez» : свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД .02069024.00107-01, инв. номер ФАП 6782 (инв. номер ВНТИЦ. 50200601541). / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – М. : ОФАП, 2006. – 3325 Кб.

23. Сергеев, А. И. «Программа автоматизированного синтеза проектных параметров производственных ячеек механообработки «ProSintez» : свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006612181 от 04.05.2006 / А. И. Сердюк, А. И. Сергеев. – М. : Роспатент, 2006. – 3325 Кб.