

На правах рукописи

НИКИТИН Виталий Викторович

**ЛОГИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД
ОПТИМИЗАЦИИ АСТПП АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ «БЕРЕЖЛИВОГО»
ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 05.13.06

**Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (в промышленности)**

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

Уфа – 2011

Работа выполнена на кафедре технологии машиностроения
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
и в ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение»

Научный руководитель	д-р техн. наук, профессор СЕЛИВАНОВ Сергей Григорьевич
Официальные оппоненты	д-р техн. наук, профессор ЛЮТОВ Алексей Германович кафедра автоматизации технологических процессов Уфимского государственного авиационного технического университета канд. техн. наук, доцент КИРЮШИН Олег Валерьевич. кафедра автоматизации технологических процессов и производств Уфимского государственного нефтяного технического университета
Ведущая организация	ОАО «Институт технологии и организации производства», г. Уфа

Защита диссертации состоится «9» декабря 2011 г. в 10:00 часов
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «2» ноября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, проф.

В. В. Миронов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время большинство компаний, являющихся мировыми индустриальными лидерами, переосмысливают и пересматривают производственные и организационные структуры для организации выпуска конкурентоспособной продукции в кратчайшие сроки и с минимальными затратами. В этом плане многие компании признали конкурентоспособной моделью реорганизации производства производственную систему на основе принципов «бережливого» производства (*Lean Production*), которая основана на философии кайдзен (в японской транслитерации).

Аналитический обзор научной и производственно-технической литературы по проблеме показывает, что «бережливое» производство позволяет сократить *затраты труда, времени и пространства* с помощью специальных инструментов совершенствования производства. Американские специалисты, копирующие названную систему японских производственных методик для США и Европы, в дополнение к сказанному, акцент делают на том, что «бережливое» производство обеспечивает долговременную конкурентоспособность *без существенных капиталовложений*.

Принципы и инструменты «бережливого» производства для совершенствования производственных систем уже используют и реализуют многие ведущие предприятия: *Toyota, Ford, Boeing, Airbus, Rolls-Royce, United Technologies, в т.ч. Pratt & Whitney, SAFRAN Group, GE, Scania, Alcoa, Xerox...*, а в нашей стране: Камаз, Уралмаш, ОЗНА, Русал и другие. В авиадвигателестроении (ОАО «УМПО», ОАО «ПМЗ», ОАО «НПО «САТУРН») для совершенствования и реорганизации производства в целях выпуска конкурентоспособной продукции также приступили к освоению и использованию принципов и инструментов «бережливого» производства.

Таким образом, вопрос реструктуризации и технической подготовки реконструкции авиадвигателестроительных предприятий на основе внедрения методов «бережливого» производства для создания современного конкурентоспособного авиадвигателестроительного производства предельно актуален.

В нашей стране вопросы создания АСТПП машиностроительного производства были разработаны многими учеными (А. А. Андерсом, Б. С. Балакшиным, В. В. Бойцовым, Г. К. Горанским, А. И. Дащенко, И. А. Ивашенко, В. Н. Крысиным, В. Г. Митрофановым, С. П. Митрофановым, А. П. Соколовским, Н. М. Султан-Заде, Б. В. Челищевым, В. И. Аверченковым, В. Ф. Горневым, Г. Б. Евгеньевым, Н. М. Капустиним, Л. А. Козловым, А. И. Кондаковым, П. М. Кузнецовым, В. В. Кузьминым, Д. Д. Куликовым, И. П. Норенковым, В. В. Павловым, С. Г. Селивановым, В. П. Соколовым, В. Д. Цветковым и др.). Решению проблем проектирования и реконструкции промышленных предприятий много разработок посвятили такие ученые, как В. П. Вороненко, М. Е. Егоров, Ю. М. Соломенцев, А. Г. Схиртладзе, В. А. Тихомиров, Д. В. Чарнко, Е. С. Ямпольский и другие.

Тем не менее, существующие достижения технических наук пока еще не обеспечили полного решения проблем технической подготовки производства.

Объект и предмет исследований диссертации. Объектами исследования являются производственная структура и АСТПП авиадвигателестроительного предприятия. Предметом исследования является разработка метода оптимизации, как проектов, так и автоматизированных систем управления проектами реконструкции авиадвигателестроительного производства.

Цель работы. Целью данного диссертационного исследования является разработка логико-генетического метода оптимизации автоматизированных систем технической подготовки производства, обеспечивающего реализацию принципов «бережливого» производства, а также оценка эффективности предложенного метода.

Задачи исследования

1. Построить функциональную модель автоматизированной системы технической подготовки производства на принципах «бережливого» производства (АСТПП-БП) на основе средств функционального моделирования АСТПП и разработать информационную технологию проектирования и реконструкции цехов машиностроительного производства;

2. Разработать логико-генетический метод оптимизации АСТПП-БП на основе применения методов искусственного интеллекта;

3. Разработать на основе предложенного логико-генетического метода математические модели и алгоритмы решения функциональных задач АСТПП-БП для оптимизации технологических маршрутов, фондосберегающих технологических процессов, компоновок корпусов, планировок оборудования и календарных план-графиков реконструкции производства;

4. Оценить эффективность применения предложенного логико-генетического метода для оптимизации АСТПП-БП.

Методы исследования

Методологическую основу для решения поставленных задач определяет использование теории графов, методов математического моделирования, системного анализа, регрессионного анализа и средств искусственного интеллекта, в частности, использование генетических алгоритмов.

На защиту выносятся

1. Функциональная модель автоматизированной системы технической подготовки производства, построенная на принципах «бережливого» производства;

2. Логико-генетический метод для оптимизации АСТПП-БП;

3. Математические модели и алгоритмы решения функциональных задач АСТПП-БП для оптимизации технологических маршрутов, фондосберегающих технологических процессов, компоновок корпусов, планировок оборудования и календарных план-графиков, разработанные на основе логико-генетического метода;

4. Результаты оценки эффективности применения предложенного логико-генетического метода оптимизации решений АСТПП-БП авиадвигателестроения, полученные путем разработки проектов и внедрения их в производство.

Научная новизна

1. Новизна функциональной модели АСТПП-БП заключается в том, что она устанавливает комплекс взаимосвязанных задач, требующих оптимизации их решений на основе разработки унифицированного логико-генетического метода.

2. Новизна использования логико-генетического метода заключается в оптимизации решений комплекса функциональных задач АСТПП-БП для разработки технологических маршрутов, проектных технологических процессов, технологических компоновок и планировок оборудования цехов машиностроительного предприятия.

3. Новизна использования логико-генетического метода для обоснования технологических маршрутов заключается в оптимизации сетевого графа транспортно-технологических схем перемещения тарно-штучных грузов с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования технологических компоновок производственных корпусов заключается в оптимизации производственной структуры предприятия путем объединения в корпусе нескольких цехов с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования технологических планировок оборудования состоит:

- в применении многокритериальной оптимизации на графах производственной структуры участков цеха с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота и площади;

- в применении установленной в диссертационном исследовании зависимости производственной площади участков и грузооборота, что позволило обоснованно осуществить многокритериальную оптимизацию технологических планировок оборудования.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования проектных технологических процессов заключается в применении многокритериальной оптимизации на многовариантных сетевых технологических графах с помощью генетического алгоритма по критериям минимумов капиталовложений, площадей и штучно-калькуляционного времени, что обеспечивает фондосбережение в проектах.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования календарных план-графиков выполнения проектов технической подготовки производства заключается:

- в автоматизации расчета план-графиков с помощью генетического алгоритма;

- в использовании установленных в диссертационном исследовании зависимостей изменения трудоемкости работ по технической подготовке производства.

Практическая ценность работы

Практическая значимость работы подтверждена актами о внедрении результатов работы на ОАО «УМПО» и заключается в организации

реконструкции авиадвигателестроительного производства на основе принципов «бережливого» производства. Практическое применение новых методов АСТПП-БП приводит к снижению затрат на изготовление продукции за счет экономного использования производственных площадей, капиталовложений, парка оборудования, численности производственных рабочих и оптимизации на этой основе проектных технологических процессов, сокращения грузооборота и повышения, в конечном счете, конкурентоспособности предприятия.

Результаты исследования обеспечивают выполнение мероприятий программы технического развития и оптимизации производственной системы ОАО «УМПО». По результатам диссертационной работы в ОАО «УМПО» была выпущена методическая инструкция МИ 521.523.832 – 2010 «Составление карты потока создания ценности». Результаты диссертационной работы также нашли применение при выполнении НИР по теме «АТ-ТМ-08-07-ХГ – Разработка методик и нормативов инновационного проектирования технического перевооружения производства заказчика» в 2007 – 2008 гг.

Апробация работы и публикации

Основные результаты и положения данной диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: Научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «УМПО» (г. Уфа, 2006, 2008); 6-й Всероссийской научной конференции с международным участием «Управление экономикой: методы, модели, технологии» (ГОУ ВПО УГАТУ, г. Уфа, 2006); Республиканской научно-технической конференции «Проблемы машиноведения и критических технологий в машиностроительном комплексе Республики Башкортостан» (г. Уфа, 2006, 2009).

По теме диссертации опубликовано 15 работ, в том числе 10 из них в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, библиографического списка из 126 наименований и приложений. Основная часть работы (без библиографического списка и приложений) изложена на 164 страницах машинописного текста.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность и признательность научному руководителю, профессору, доктору технических наук С. Г. Селиванову за всестороннюю помощь и поддержку при подготовке диссертации к защите, а также за приобретенные знания и опыт. Автор выражает глубокую благодарность и признательность доктору технических наук, заместителю управляющего директора – техническому директору ОАО «УМПО» С. П. Павлиничу, заместителю управляющего директора ОАО «УМПО» А. А. Хакимову за помощь в организации проведения исследований и оформления диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проведен анализ методов искусственного интеллекта в автоматизированных системах технической подготовки (АСТПП), в организации и управлении технической подготовкой производства, а также в проектировании технологических процессов, цехов и участков машиностроительного производства.

Проведенный анализ источников научной информации показал, что в данный момент для развития и обеспечения конкурентоспособности машиностроительного производства используют разобщенные методы организационно-технологического проектирования производства, которые рассматривают только отдельные задачи и не увязаны в единые высокоавтоматизированные комплексы технической подготовки «бережливого» производства на основе управления проектами реконструкции. При проведении работ по автоматизации процессов технической подготовки выполняется ряд задач организационно-технологической подготовки производства, которые могут быть автоматизированы на основе использования средств искусственного интеллекта, а именно: проектирование технологического процесса, формирование технологического маршрута обработки детали, разработка компоновки корпуса (цеха, участка) и технологической планировки оборудования.

Анализ методов искусственного интеллекта для выполнения описанных выше задач АСТПП показал, что существующие в данный момент разобщенные методы оптимизации названных задач могут быть унифицированы на базе разработки единого логико-генетического метода, ориентированного на создание «бережливого» производства.

Вследствие сказанного, главной целью данного диссертационного исследования является разработка логико-генетического метода оптимизации автоматизированных систем технической подготовки производства, обеспечивающего реализацию принципов «бережливого» производства.

Во второй главе проводится анализ инструментов и принципов «бережливого» производства, который показывает эффективность их применения не только в различных отраслях промышленности (*Toyota, Ford, Boeing, United Technologies*), но и в авиадвигателестроении, например, *Pratt & Whitney, GE*.

На основании данного анализа методов «бережливого» производства, использования методологии *SADT* и систем функционального моделирования (*IDEFO*), известных систем АСТПП разработана специализированная функциональная модель АСТПП-БП (рис. 1).

На основании функциональной модели АСТПП-БП в данной диссертационной работе исследованы следующие функции АСТПП «бережливого» производства:

1. «Разработка комплекта проектной технологической документации ресурсосберегающих технологических процессов»,
2. «Разработка технологической части проектов» и
3. «Организация и управление ТПП».

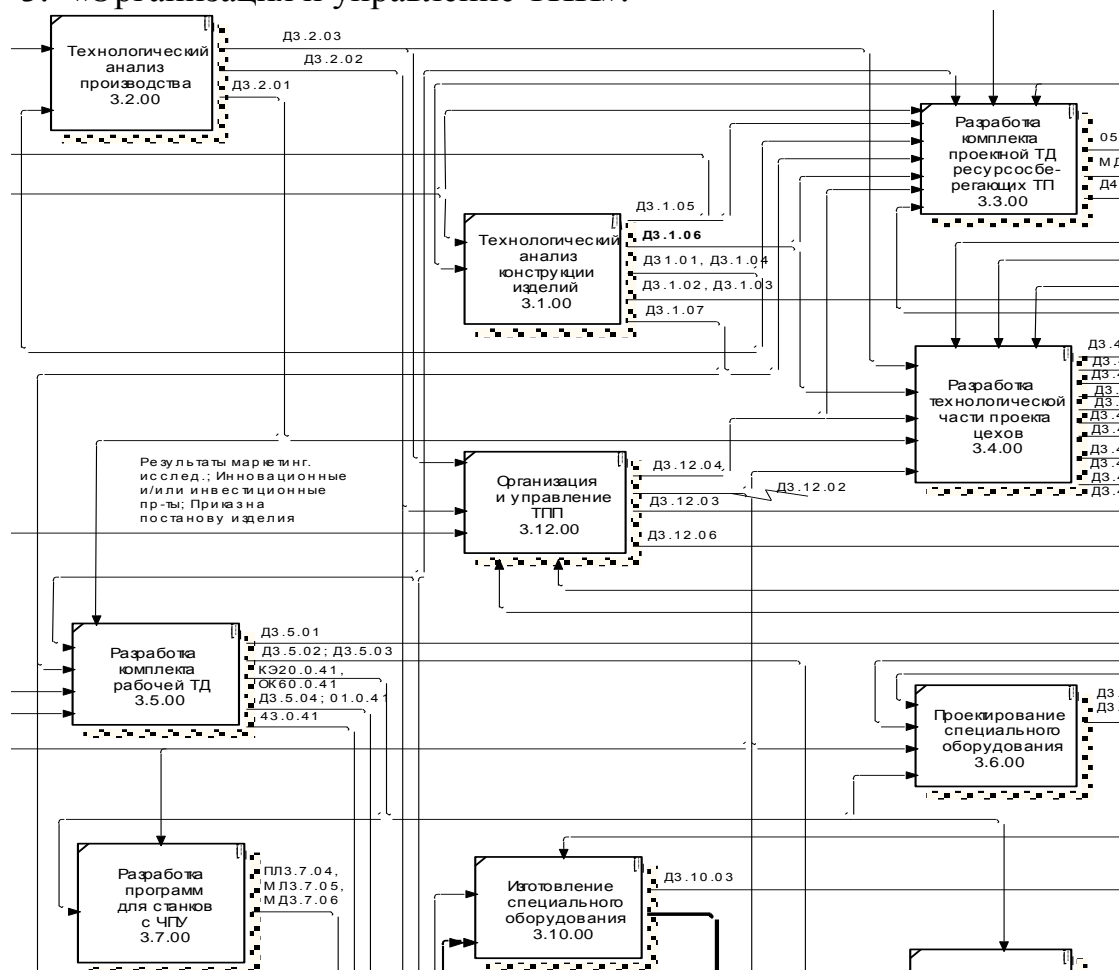


Рисунок 1 – Функциональная модель АСТПП-БП (фрагмент)

Для каждой из названных выше функций АСТПП-БП проработаны соответствующие им блок-схемы задач, документооборот и определен единый логико-генетический метод для дальнейшего математического моделирования и оптимизации проектных разработок в целях создания цехов «бережливого» производства.

Установлено, что известные аналоги применения логико-генетического метода в физике, радиотехнике, теории распознавания образов использованы в названных областях знаний только как метод визуального отображения структурных взаимосвязей, и только в задачах распознавания образов предложено использовать генетические алгоритмы в составе инструментов логико-генетического метода.

С помощью матрицы инцидентности (рисунки 2 и 3) установлено, что основным отличием предложенного пути развития логико-генетического метода является использование материальных потоков – M для дальнейшего математического моделирования и оптимизации с помощью логико-генетического метода проектных решений по созданию цехов «бережливого»

производства, что говорит о возможности дальнейшего совершенствования логико-генетического метода в данном диссертационном исследовании.

S	F	R	M	S	F	R	M	S	F	R	M
0	0	0	Э	0	0	0	Э	0	0	0	Э
1	1	0	И	0	1	0	И	0	1	0	И
0	0	0		1	1	0		0	1	0	
			<i>a</i>				<i>б</i>				<i>в</i>

Рисунок 2 – Матрица инцидентности применения логико-генетического метода в физике (*a*), радиоэлектронике (*б*) и теории распознавания образов (*в*). (условные обозначения: *M* – материальный; *Э* – энергетический; *И* – информационный потоки; *S* – структура; *F* – функции; *R* – развитие системы)

S	F	R	M
1	1	1	Э
0	0	0	И
1	1	1	И

Рисунок 3 – Матрица инцидентности применения логико-генетического метода в АСТПП-БП

Сказанное позволяет для оптимизации проектно-технологических решений в АСТПП-БП в дальнейшем использовать не просто генетические алгоритмы, а логико-генетический метод многокритериальной оптимизации, в котором генетические алгоритмы являются средством для анализа и синтеза оптимальных проектных решений на графах, характеризующих производственные структуры, структуры технологических процессов и структуры работ по организации «бережливого» производства.

В третьей главе разработаны методы оптимизации решения задач основной функции АСТПП-БП «Разработка комплекта проектной технологической документации», а именно разработка технологических маршрутов и проектных технологических процессов.

Разработка метода оптимизации технологических маршрутов.

Для решения поставленной задачи предложено использовать логико-генетический метод оптимизации технологических маршрутов. Новизна предложенного метода оптимизации технологических маршрутов производства изделий заключается в оптимизации сетевого графа транспортно-технологических схем перемещения тарно-штучных грузов с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота.

Для оптимизации технологических маршрутов в логико-генетическом методе применен сетевой граф, на котором указаны основной маршрут и множество альтернативных вариантов. Вершины графа в данном случае – это номера цехов (или специализированных производственных участков), а ребра показывают взаимосвязь вершин между собой и расстояние между цехами или производственными участками.

После формирования сетевого графа технологических маршрутов переходим ко второму этапу логико-генетического метода оптимизации технологических маршрутов с помощью генетических алгоритмов.

При оптимизации технологических маршрутов требуется найти такой маршрут производства изделия, для которого суммарный грузооборот

$$G = \sum l_i m_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где i – индекс, соответствующий номеру цеха; l – расстояние; m – масса деталей.

В логико-генетическом методе использован классический генетический алгоритм. В этом алгоритме фенотип хромосомы представляет собой набор значений номеров цехов, иными словами – маршрут производственного процесса движения изделий по цехам предприятия. Например, для 4 цехов хромосома – $chl = (1\ 4\ 3\ 2)$.

Оценивание приспособленности хромосомы в популяции состоит в расчете функции приспособленности, т.е. в расчете суммарного грузооборота.

Отличительной чертой является то, что в данном алгоритме используется один генетический оператор – оператор скрещивания, суть которого заключается в случайном выборе точки скрещивания, в которой обе хромосомы делятся на две части и обмениваются ими. Формирование новой популяции производится за счет объединения родителей и потомков.

Условие остановки работы алгоритма имеет два варианта. Первый вариант остановки алгоритма – достижение ожидаемого оптимального значения, т.е. определенная в данном случае хромосома является наиболее приспособленной из всей популяции. Второй вариант - выполнение заданного количества итерации (поколений). Если условие остановки выполнено, то происходит переход к завершающему этапу выбора «наилучшей хромосомы». На основании сказанного выше для решения поставленной задачи разработана программа «ТПП БП», выполненная в *MS Visual Studio 2008*. Кроме названной задачи – оптимизации технологических маршрутов – программа «ТПП БП» решает аналогичным образом и остальные задачи АСТПП-БП в рамках данного диссертационного исследования.

Разработанный метод позволил оптимизировать технологический маршрут производства модуля ВВТ (воздухо-воздушного теплообменника) в ОАО «УМПО», что позволило оценить эффективность практического его применения.

Метод многокритериальной оптимизации фондосберегающих технологических процессов.

По результатам оптимизации технологических маршрутов по критерию минимума грузооборота можно приступать к решению задач по оптимизации технологических процессов. При этом приоритетными критериями оптимизации разработки маршрутных карт проектных технологических процессов выступают показатели ресурсосбережения в цехах.

Для оптимизации маршрутных карт проектных технологических процессов и разработки фондосберегающих технологий предложено использовать логико-генетический метод. Новизна предложенного метода оптимизации проектных технологических процессов заключается в применении

многокритериальной оптимизации многовариантного сетевого технологического графа с помощью генетического алгоритма по критериям минимумов капиталовложений, площадей и штучно-калькуляционного времени, что обеспечивает фондосбережение в проектах.

Для решения данной задачи в математической модели целевой функции разрабатываемого логико-генетического метода при многокритериальной оптимизации фондосберегающих технологических процессов выбраны следующие критерии (параметры):

- 1) *капиталовложения* в оборудование, ($K \rightarrow \min$);
- 2) *площади*, ($P \rightarrow \min$);
- 3) *штучное (штучно-калькуляционное) время*, ($t \rightarrow \min$).

Для каждой i -ой технологической операции величина аддитивного критерия (целевая функция) определяется по формуле:

$$f_i = \mu_1 \cdot K + \mu_2 \cdot P + \mu_3 \cdot t \rightarrow \min, \quad (2)$$

где K , P , t – названные выше нормализованные приведенные значения: капиталовложений в оборудование (K), площади (P) и штучно-калькуляционного времени (t) на i -ой технологической операции, выполняемой на r -ой модели технологического оборудования. Капиталовложения K – определены по величинам балансовой стоимости оборудования, площади P – по нормативам удельной площади на единицу оборудования, t – штучно-калькуляционное время рассчитывается для каждой операции известными методами определения расчетно-аналитических норм времени на операциях технологических процессов.

На первом этапе работы логико-генетического метода технологический процесс можно представить в виде сетевого графа, где вершины графа – технологические операции обработки, а дуги определяют возможность их последовательного выполнения. Каждой вершине графа присваивают параметры соответствующей ей операции технологического процесса.

Работа генетического алгоритма логико-генетического метода аналогична описанной выше процедуре, только в данном случае использовано другое представление исходных данных, хромосома представляет собой набор значений номеров операций (вершин), иными словами, содержит описание технологического процесса. Задача оптимизации проектных технологических процессов так же, как и в предыдущем случае реализована в программе «ТПП БП».

В качестве начальной популяции создается возможный путь на графе, который представлен в виде матрицы смежности, в каждой ячейке которой записывается число, определяющее наличие связи от вершины-строки к вершине-столбцу (либо наоборот), где i – число вершин, а j – число слоев технологического графа.

В качестве генетического оператора используется оператор скрещивания, аналогичный оператору, используемому в решении задачи оптимизации технологических маршрутов.

Условие остановки работы алгоритма – достижение ожидаемого оптимального значения, т.е. найденная таким путем хромосома является наиболее приспособленной из всей популяции.

В четвертой главе разработаны методы оптимизации технологических компоновок корпусов и планировок оборудования, а также календарных план-графиков в АСТПП-БП. Для решения этих задач также предложено использовать разработанный в данной диссертации логико-генетический метод.

Разработка логико-генетического метода оптимизации технологических компоновок производственных корпусов предприятия

Разработка технологической компоновки цехов является центральной задачей функции «Разработка технологической части проектов» цехов и участков «бережливого» производства в АСТПП- БП.

Задача компоновки корпуса состоит в следующем. Исходная информация задается набором данных $\langle W_k, L_k, n, s \rangle$, где W_k – ширина производственного корпуса; L_k – длина производственного корпуса; n – количество цехов в корпусе; $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ – площадь цехов (прямоугольников), $i = (1 \dots n)$, где i – индекс, соответствующий номеру цеха.

При этом n – цехов в корпусе является частью производственной структуры предприятия, связанных схемой грузопотоков. Т.е., данная структура является сетевым графом, где вершины это цехи, а ребра их взаимосвязи – грузопотоки.

Решение задачи представляется в виде набора элементов $\langle W, L \rangle$, где $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$, $L = (l_1, l_2, \dots, l_n)$ – векторы ширины и длины прямоугольников (площадей цехов); w – ширина цеха; l – длина цеха.

При выполнении условий допустимости требуется найти такую компоновку корпуса или цеха, для которой суммарный грузооборот

$$G = \sum (l_i/2) m_i \rightarrow \min \quad (3)$$

Для решения задачи компоновки предложено использовать логико-генетический метод. Метод позволяет выполнять (проектировать, разрабатывать) компоновочные схемы производственного корпуса по критерию минимизации грузооборота, который является обязательным требованием проектирования производственных структур в условиях «бережливого» производства.

Новизна предложенного метода технологической компоновки производственных корпусов заключается в оптимизации производственной структуры модели предприятия путем объединения в корпусе нескольких цехов с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота.

Здесь фенотип хромосомы представляет собой набор значений ширины цехов w_i . Например, для 4 цехов хромосома $ch1 = (8 \ 4 \ 8 \ 17)$.

Оценивание приспособленности хромосомы в популяции состоит в расчете функции приспособленности, т.е. в расчете суммарного грузооборота.

Данный метод позволяет выполнить технологическую компоновку корпуса (цеха) машиностроительного предприятия по критерию минимума грузооборота.

Для апробации и оценки эффективности логико-генетического метода была разработана технологическая компоновка одного из корпусов ОАО «УМПО».

Разработка логико-генетического метода многокритериальной оптимизации технологических планировок оборудования цехов

Задача оптимального размещения технологического оборудования на производственных участках состоит в следующем. Исходная информация задается набором данных $\langle W, L, n, N, m, mar, l, w \rangle$, где W – ширина производственного участка; L – длина производственного участка; n – количество моделей станков; N – приведенная программа выпуска каждой детали; m – масса обрабатываемых деталей $m = (m_1, m_2, m_3, \dots, m_n)$, $i = (1, \dots, n)$; mar – маршруты обработки деталей; l – длина станка; w – ширина станка.

Набор элементов $\langle l, w \rangle$ называется допустимой планировкой, если выполнены следующие условия:

- прямоугольники не перекрывают друг друга;
- прямоугольники не выходят за границы участка.

При выполнении условий допустимости требуется найти такую планировку оборудования, для которой значения суммарного грузооборота (G) и занимаемой площади (S) (целевой функции) стремились к минимуму. Целевая функция рассчитывается как свертка этих критериев.

$$F = \mu_1 G^* + \mu_2 S^* \rightarrow \min, \quad (4)$$

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

Ограничениями являются размеры участка: W – ширина участка; L – длина участка.

В данном исследовании предложено использовать логико-генетический метод для двухкритериальной оптимизации как по критерию минимума грузооборота, так и по величине производственной площади.

Новизна предложенного метода оптимизации технологических планировок оборудования состоит в использовании многокритериальной оптимизации графа производственной структуры участков цеха с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота и площади.

Решение задачи представляется в виде хромосомы, генами которой являются номера станков, поэтому перед началом работы каждой единице оборудования присваивается номер.

Опытно-технологические работы по практическому использованию логико-генетического метода многокритериальной оптимизации произведены на примерах проектирования производственных участков механосборочного цеха ОАО «УМПО».

В ходе компьютерного моделирования и решения задачи многокритериальной оптимизации производственных участков установлена зависимость грузооборота (G) от занимаемой площади (S) (рис. 4). Из рисунка видно, что при минимальной величине грузооборота величина площади не достигает своего минимума. Такая ситуация является классической при

использовании методов многокритериальной оптимизации. Отсюда полученная зависимость требует определять Парето-оптимальные планировочные решения в рамках использованного выше логико-генетического метода.

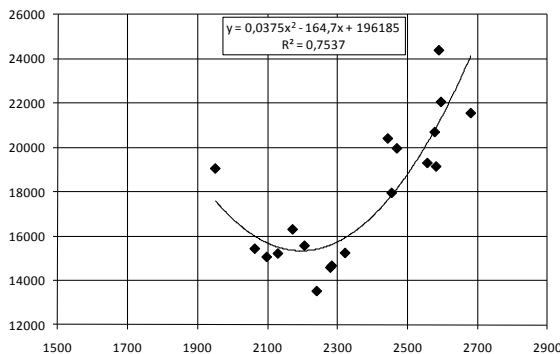


Рисунок 4 – Зависимость грузооборота (G) от площади (S)
(y – соответствует G , а x – величине S)

Оптимизация графиков технологической подготовки «бережливого» производства

Задача оптимизации план-графиков заключается в следующем. Имеются этапы проекта или работы и длительность этих работ. Требуется построить расписание этих работ минимальной длины, обеспечивающее наименьшее время окончания выполнения этапов (работ), с учетом того, что все работы должны быть выполнены. Также возможно как выполнение одного этапа без перекрытия другим (последовательность этапов), так и параллелизация работ.

Иными словами, необходимо построить «минимальный путь» выполнения работ определенного проекта, т. е. $\sum T_i \rightarrow \min$, $i = 1 \dots n$, где n – количество работ, а i – индекс номера работы (этапа).

Для решения этой задачи также предложено использовать логико-генетический метод оптимизации план-графиков технической подготовки производства. Новизна предложенного метода оптимизации план-графиков выполнения проектов технической подготовки производства заключается:

- в автоматизации расчета календарных план-графиков с помощью генетического алгоритма;
- в использовании установленных в диссертационном исследовании ряда регрессионных зависимостей изменения трудоемкости работ по технической подготовке производства (рис.5).

Решение задачи представляется в виде хромосомы, генами которой являются этапы (работы) проекта технической подготовки производства, поэтому перед началом работы каждому этапу присваивается номер.

Таким образом, данный метод позволяет выполнить оптимизацию календарных план-графиков проекта по критерию минимума времени выполнения работ.

Автоматизация расчета сроков реконструкции и технического перевооружения цехов машиностроительного производства.

В проектах по созданию цехов «бережливого» производства рекомендуется использование системы непрерывной реконструкции и технического перевооружения производства. В исследовании разработана

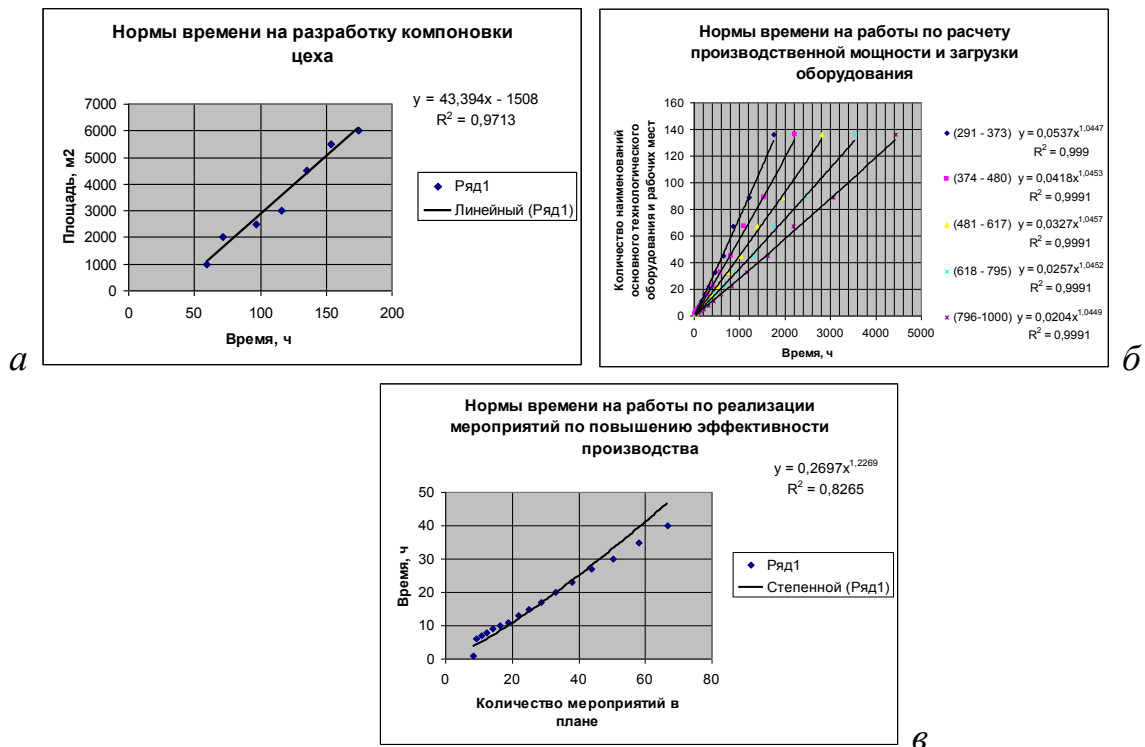


Рисунок 5 – Зависимости изменения трудоемкости работ по технической подготовке производства (примеры)

программа автоматизации расчетов для обоснования календарных план-графиков реконструкционных работ на основе анализа графиков загрузки производственных мощностей и расчета регрессионных зависимостей изменения объемов выпуска изделий, что позволило обоснованно определять сроки проведения реконструкции и технического перевооружения цехов машиностроительных предприятий для профилактики возникновения дисбалансов загрузки производственных мощностей.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Построена функциональная модель автоматизированной системы технической подготовки производства (АСТПП-БП), основанная на принципах «бережливого» производства, IDEF0 моделирования и информационных технологиях проектирования и реконструкции машиностроительного производства. Данная АСТПП-БП отличается тем, что она устанавливает комплекс взаимосвязанных задач, требующих оптимизации их решений на основе разработки унифицированного логико-генетического метода.

2. Разработан логико-генетический метод оптимизации АСТПП-БП на основе применения методов искусственного интеллекта, обеспечивающий проектирование и управление проектами создания цехов «бережливого» производства.

Научная новизна заключается в использовании логико-генетического метода для оптимизации решений комплекса функциональных задач АСТПП-БП по разработке технологических маршрутов, проектных технологических процессов, технологических компоновок и планировок оборудования цехов машиностроительного предприятия.

Установлено, что известные аналоги применения логико-генетического метода в физике и радиотехнике ранее были использованы только как метод визуального отображения структурных взаимосвязей, и только в задачах распознавания образов впервые предложено использовать генетические алгоритмы в качестве дополнительного инструмента анализа потоков информации. Сказанное позволило в диссертации предложить для применения в АСТПП-БП не просто использование генетических алгоритмов, а обосновать применение логико-генетического метода оптимизации материальных потоков (технологических маршрутов, маршрутных карт проектных технологических процессов).

3. Разработанные на основе предложенного логико-генетического метода математические модели и алгоритмы решения функциональных задач АСТПП-БП позволяют оптимизировать технологические маршруты, проектные технологические процессы, компоновки корпусов, планировки оборудования и календарные план-графики реконструкции авиадвигателестроительного производства.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования технологических маршрутов заключается в структурной оптимизации сетевого графа транспортно-технологических схем перемещения тарно-штучных грузов с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования технологических компоновок производственных корпусов заключается в оптимизации производственной структуры предприятия путем объединения в корпусе нескольких цехов с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования технологических планировок оборудования состоит:

– в применении многокритериальной оптимизации на графах производственной структуры участков цеха с помощью генетического алгоритма по критерию минимума грузооборота и площади;

– в применении установленной в диссертационном исследовании зависимости производственной площади участков и грузооборота, что позволило обоснованно осуществить многокритериальную оптимизацию технологических планировок оборудования.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования проектных технологических процессов заключается в применении многокритериальной оптимизации на многовариантных сетевых технологических графах с помощью генетического алгоритма по критериям минимумов капиталовложений, площадей и штучно-калькуляционного времени, что обеспечивает фондосбережение в проектах.

Новизна использования логико-генетического метода для обоснования календарных план-графиков выполнения проектов технической подготовки производства заключается в:

– автоматизации расчета план-графиков с помощью генетического алгоритма;

– использовании установленных в диссертационном исследовании зависимостей изменения трудоемкостей работ по технической подготовке производства.

Использование логико-генетического метода для обоснования технологических компоновок и планировок оборудования и календарных план-графиков обеспечило на авиадвигателестроительном производстве ОАО «УМПО» оптимизацию размещения цехов и участков в проектах «бережливого» производства, а также управление этими проектами.

4. Проведенная оценка эффективности применения логико-генетического метода для оптимизации АСТПП-БП, при внедрении результатов в производство показала, что использование метода при проектировании и создании производства модуля ВВТ на ОАО «УМПО» позволило:

- сократить транспортные грузопотоки на 83 %;
- уменьшить время производственного цикла изготовления модуля ВВТ на 37 %;
- получить годовой экономический эффект от реализации проекта создания производства модуля ВВТ 38,34 млн. руб.

В проекте по созданию комплекса производства роторов турбин и компрессоров ОАО «УМПО» на основе нового метода оптимизации получено снижение времени транспортировки грузов на 87 % и транспортных грузопотоков на 88 %.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИСЕРТАЦИИ

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Методы автоматизации технологической подготовки технического перевооружения производства / С. Г. Селиванов, Ю. М. Иванов, В. В. Никитин // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2006. Т. 8, № 2 (18). С. 74–79.

2. Использование генетических алгоритмов для автоматизации проектирования технологических компоновок авиадвигателестроительного производства / С. Г. Селиванов, С. П. Павлинич, В. В. Никитин // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2007. Т. 9, № 4 (22). С. 90–94.

3. Методы автоматизации технологической подготовки технического перевооружения авиадвигателестроительного производства / С. Г. Селиванов, С. П. Павлинич, В. В. Никитин // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2007. Т. 9, № 6 (24). С. 127–135.

4. Автоматизированная система технологической подготовки бережливого производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, М. А. Дружинина, В. Г. Шпилова // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2009. Т. 13, № 1 (34). С. 121–127.

5. Технологическая подготовка бережливого производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, М. А. Дружинина, В. Г. Шпилова // Технология машиностроения. № 4 (94). 2010. С. 67–71.

6. Использование методов искусственного интеллекта в технологической

подготовке машиностроительного производства / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, С. Н. Поезжалова, М. В. Селиванова // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2010. Т. 14, № 1 (36). С. 87–97.

7. Технологическая подготовка бережливого производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, М. А. Дружинина, В. Г. Шпилова // Сварочное производство. № 2. 2010. С. 45–49.

8. Метод моделирования и оптимизации планировок цехов бережливого производства средствами искусственного интеллекта / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, М. А. Дружинина // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2010. Т. 14, № 4 (39). С. 139–144.

9. Логико-генетический метод структурной оптимизации фондосберегающих технологических процессов / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, В. Г. Шпилова // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. 2010. Т. 14, № 5 (40). С. 68–74.

10. Технологическая подготовка бережливого производства в машиностроении / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин, М. А. Дружинина, В. Г. Шпилова // Экономика и управление в машиностроении, 2010. № 1. С. 6–11.

В прочих изданиях

11. Методы анализа загрузки производственных мощностей и расчета сроков технического перевооружения цехов машиностроительного предприятия / В. В. Никитин // II научно-техническая конференция молодых специалистов, посвященная годовщине образования ОАО «УМПО»: сб. тезисов. Уфа: УМПО, 2006. С. 38–39.

12. Методы расчета сроков технического перевооружения цехов в системах управления инвестиционными и инновационными проектами / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин // Управление экономикой: методы, модели, технологии: Материалы 6-й Всероссийской научной конференции с международным участием. Уфа: УГАТУ, 2006. С. 50–54.

13. Методы разработки проектов технического перевооружения машиностроительного производства / С. Г. Селиванов, В. В. Никитин // Проблемы машиноведения и критических технологий в машиностроительном комплексе Республики Башкортостан: сб. научных трудов. Уфа: Гилем, 2006. С. 143–154.

14. Разработка методов проектирования технического перевооружения цехов машиностроительных предприятий / В. В. Никитин // IV Всероссийская научно-техническая конференция молодых специалистов, посвященная 83-й годовщине образования ОАО «УМПО»: сб. материалов. Уфа: УМПО, 2008. С. 22–23.

15. Методы искусственного интеллекта в технологической подготовке бережливого производства в машиностроении / В. В. Никитин, М. А. Дружинина, В. Г. Шпилова // Инновации, Проблемы машиноведения, процессов управления и критических технологий в машиностроении: Сборник научных трудов Академии наук Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 2009. С. 135–138.

Диссертант

В. В. Никитин

НИКИТИН Виталий Викторович

ЛОГИКО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД
ОПТИМИЗАЦИИ АСТПП АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ «БЕРЕЖЛИВОГО»
ПРОИЗВОДСТВА

Специальность 05.13.06

Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (в промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати _____ Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 0,8.
Тираж 100 экз. Заказ № 353

Уфимский государственный авиационный технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12