

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

На правах рукописи

УДК 658.52.011.56.012.3:621

ЗАФИРОВ ЭВКЛИД ГЕРАСИМОВИЧ

**МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ
ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПРОИЗВОДСТВОМ, ОРИЕНТИРОВАННЫМ
НА ДИНАМИЧЕСКИЙ ПОРТФЕЛЬ ЗАКАЗОВ**

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

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



Москва – 2005

2

Работа выполнена в Московском государственном техническом
университете им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель : доктор технических наук,
профессор В.В.Емельянов

Официальные оппоненты: Заслуженный деятель науки и техники РФ,
доктор технических наук,
профессор Курейчик В.М.

кандидат технических наук,
доцент Овсянников М.В.

Ведущая организация (предприятие) – Российский НИИ
информационных технологий и систем автоматизированного
проектирования

Защита диссертации состоится «17» марта 2005 г. в ____ часов
на заседании диссертационного совета Д212.141.05 в Московском
государственном техническом университете им. Н.Э.Баумана по адресу:
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского
государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.

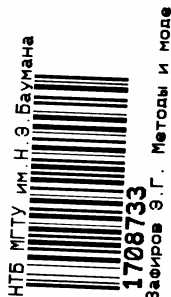
Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью,
просим высылать по указанному адресу.

Телефон для справок: 267-09-63

Автореферат разослан «15» февраля 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук,
доцент

Силаева Л.А.



Рез. в конве

735

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность: Динамика рынка резинотехнических изделий (РТИ) характеризуется резким увеличением номенклатуры выпускаемых изделий с одновременным уменьшением объемов партий выпуска и требованием быстрее выполнения заказов. Производство должно обеспечить эффективный выпуск разнообразного и постоянно увеличивающегося ассортимента (в настоящее время около 40000 наименований) изделий с применением множества разнообразных резиновых смесей. В этих условиях значительно усложняются вопросы организационно-экономического управления производством, призванного обеспечить эффективное использование оборудования, рабочей силы и уменьшить энергозатраты на выпуск продукции. Для рассматриваемых производств выпуск формовых РТИ характеризуется наибольшей трудоемкостью, сложностью организации и механизации. Анализ уровня производства формовых РТИ показывает, что наряду с новыми заводами с самыми современными процессами и оборудованием для производства формовых изделий все еще имеются цехи с низким уровнем механизации на подготовительных и, особенно, заключительных операциях. К подготовительным операциям в производстве формовых РТИ относятся: изготовление резиновых или резино-тканевых заготовок, подготовка арматуры при изготовлении резино-армированных изделий и подготовка форм. На этих операциях занято примерно 15-25% рабочих. Уровень автоматизации на предприятиях отрасли в настоящее время невысок. Особенно низок уровень автоматизации проектирования пресс-форм и организационно-экономического управления.

Как утверждают специалисты, в рассматриваемой отрасли практически невозможна экономически оправданная комплексная автоматизация и механизация производства без его специализации и укрупнения партий изделий. Однако, последнее противоречит современным тенденциям развития всего машиностроения и производства РТИ в частности, которые становятся все более ориентированными на заказчика. Как показывают исследования, основной резерв лежит в одновременном учете как экономических и организационных, так и технологических факторов производства. Человек-оператор в сложившихся условиях уже не в состоянии отслеживать весь портфель заказов, текущее состояние производства и принимать эффективные решения. На первое место выходят методы, тесно связанные с передовыми информационными технологиями. Это, прежде всего, методы поддержки принятия решений в условиях неопределенности, методы имитационного моделирования, методы оптимизации и др.

В связи с вышеизложенным, требуется разработать метод организационного управления и соответствующее информационное и программное обеспечение, повышающие эффективность производства за счет совершенствования системы организационно-экономического управления.

Целью работы является повышение эффективности деятельности предприятий, выпускающих РТИ, за счет разработки и исследования методов и средств оптимизации организационного управления с учетом особенностей технологических процессов в условиях быстро и постоянно изменяющегося портфеля заказов, а также создание на их основе методики и системы организационно-экономического управления.

Для достижения поставленной цели решаются следующие основные **задачи**.

1. Разработка методов организации производства, обеспечивающих его эффективное функционирование в рыночных условиях.

2. Создание гибкой имитационной модели, позволяющей легко варьировать структуру и состав оборудования, изменять закрепление рабочих за оборудованием, генерировать типовой портфель заказов, проводить имитацию работы участка со сбором выходной статистической информации.

3. Разработка системы сменно-суточного планирования, учитывающей как особенности портфеля заказов, так и особенности технологических процессов.

4. Создание программной среды с дружественным интерфейсом пользователя, обеспечивающей решение задач организационно-экономического управления.

Методы исследования. При выполнении диссертации использованы методы имитационного моделирования, генетические оптимизационные алгоритмы, теория множеств, эвристические методы. Результаты экспериментов обрабатывались с помощью методов математической статистики.

Научная новизна работы определяется в первую очередь разработкой гибридной системы организационно-экономического управления на основе интеллектуального имитационного моделирования, генетических оптимизационных алгоритмов, эвристических приоритетных правил, базы данных и гибкого интерфейса оператора. Предложен и разработан метод, обеспечивающий эффективную загрузку оборудования при минимизации числа рабочих. Одновременный учет при планировании особенностей технологических процессов предприятий отрасли, позволяет повысить качество принятия организационных решений в быстроизменяющихся условиях производства. Разработан оригинальный метод групповой обработки изделий на прессах, включающий подбор групп изделий на обработку и оптимизацию укладки пресс-форм на плиту пресса. Предложен подход к разработке планов при постоянно обновляемом портфеле заказов (отражающий концепцию предприятия, управляемого заказчиком) с выходом на интеграцию с системой технологической подготовки производства.

Практическая ценность. Предложенные методы и алгоритмы реализованы в виде программ на ЭВМ. Разработанное программное обеспечение позволяет в условиях постоянно изменяющегося портфеля заказов осуществлять планирование производства и материальных поставок, поддержи-

вать базу данных планового отдела предприятия, разрабатывать производственные программы и осуществлять сменно-суточное планирование. Программное обеспечение имеет гибкий интерфейс оператора-диспетчера. Оно может использоваться в локальной информационной сети малых и средних предприятий отрасли.

Внедрение и реализация результатов.

Результаты исследований, проведенных диссертационной работе, были внедрены на «ОАО Коломенский завод РТИ». Кроме того, результаты работы нашли применение в учебном процессе кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э.Баумана и кафедры САПР Таганрогского государственного радиотехнического университета.

Теоретические и практические результаты, полученные в диссертационной работе, применялись при выполнении хозяйственной тематики Отдела «Компьютерные системы автоматизации» НУК РК МГТУ им. Н.Э.Баумана. Результаты диссертации также использованы при выполнении работ по грантам Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 99-01-01136 и 01-01-00207).

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием методов имитационного моделирования и математической статистики, а также успешным внедрением методов и систем, разработанных в диссертации, на предприятии «ОАО Коломенский завод РТИ», что подтверждено соответствующим актом.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на IV-м Международном конгрессе «Конструкторско-технологическая информатика-2000» (Москва, 2000 г.), VII-й Национальной конференции по искусственному интеллекту КИИ-2000 (Переславль-Залесский, 2000 г.), Научной сессии МИФИ (Москва, 2001-2003 г.), Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (Москва, 2001 г.), 5-й Российской научно-практической конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий» (РБП-2001, Москва, 2001 г.), Международном научно-практическом семинаре «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2001 г.), 6-й Российской научно-практической конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями» (РБП-СУЗ-2002, Москва, 2002 г.), II-м Международном научно-практическом семинаре «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» (Коломна, 2003 г.), V-й Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (Самара, 2003 г.), Международных научно-технических конференциях IEEE AIS'03 и CAD-2003 (Дивноморское, 2003 г.), ряде научно-технических семинаров МГТУ им. Н.Э.Баумана в период 2000-2004 г.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 11 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы и приложения. Объем основного текста работы 159 страниц, в том числе 43 рисунка и 5 таблиц. Список литературы содержит 107 библиографических наименований. Полный объем диссертации 218 страниц.

На защиту выносятся:

1. Комплексная методика организации и планирования производства РТИ в условиях постоянно пополняемого портфеля заказов и ограниченности времени на принятие решений.
2. Гибридная система организационно-экономического управления производством РТИ.
3. Имитационная модель производственной системы.
4. Метод организации групповой обработки изделий на прессах и соответствующие алгоритмы

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертации, указаны цель исследования, основные научные положения, выносимые на защиту, приведены сведения о практической ценности, реализации и внедрении.

Первая глава «Состояние вопроса и постановка задачи исследования» посвящена обзору рассматриваемой проблемы и обоснованию задач исследования.

Рассмотрены условия функционирования типового предприятия, выпускающего резинотехнические изделия. Здесь РТИ представляют собой продукцию, выпускаемую на прессовом оборудовании и состоящую из резиновой части и металлической арматуры, пружин и т.п. Основные технологические операции осуществляются на прессах в пресс-формах под определенным давлением и при определенной температуре, задаваемых технологом. Рассматриваемое производство характеризуется большей трудоемкостью, сложностью организации и механизации. До недавнего времени считалось, что комплексная автоматизация и механизация выпуска РТИ экономически не оправданы без специализации производства и укрупнения партий изделий. Однако современные тенденции развития рынка РТИ связаны с постоянным увеличением номенклатуры при уменьшении объемов отдельных заказов, при этом требуется выпускать продукцию в кратчайшие сроки и с высоким качеством. Постоянное изменение рынков сбыта и потребностей клиентов определяют непрерывный процесс организационной перестройки предприятий, изменения их стратегии и тактики. Предприятие постепенно становится ориентированным на клиента (неявно управляемым клиентом).

В связи с внедрением на предприятиях процессного подхода важнейшими становятся задачи выделения и описания бизнес-процессов в дея-

тельности предприятий. Описание бизнес-процессов производится путем построения моделей, которые должны удовлетворять ряду требований, определяемых целями моделирования. Модель должна отображать все аспекты деятельности предприятия: структуру бизнес-процессов (функции, операции и их взаимосвязи), исполнителей (их роли и место в организационной структуре), ресурсы, необходимые для осуществления деятельности, документы и их потоки. Таким образом, модель является средством интеграции всех аспектов деятельности, обеспечивающим системный взгляд на процессы, протекающие на предприятии.

Рассмотрена и формализована функциональная структура системы организационного управления, выполнена ее декомпозиция. Представленные функциональные диаграммы ориентированы на новую организацию управления производством с использованием имитационных моделей и оптимизационных процедур, т.е. они отражают состояние предприятия «как должно быть», а не «как есть».

Типовое предприятие отрасли функционирует в условиях, когда заказы на производимые им изделия поступают постоянно в случайные моменты времени и от различных, часто заранее неизвестных, заказчиков. При этом, как уже отмечалось, растет число позиций номенклатуры РТИ. Имеются также изделия, выпускаемые постоянно из месяца в месяц. Такие производственные условия создают ситуацию, в которой человеку-диспетчеру очень сложно осуществлять текущее планирование производства и при этом контролировать его эффективность, а также обеспечивать максимальную загрузку оборудования при минимальном числе обслуживающих его рабочих.

Поэтому сегодня стоит задача создания такой системы организационного управления, которая в автоматизированном режиме осуществляла бы планирование производства, учитывая организационные и технологические ограничения, обеспечивала бы максимальную загрузку оборудования и определяла бы минимально-необходимую численность обслуживающего персонала под составляемый план. При этом необходимо учитывать постоянно изменяющийся стохастический портфель заказов.

Для решения задач поддержки принятия решений и оптимального планирования разработано достаточно много математических методов. Здесь можно упомянуть работы таких ученых как Ахьюджа Х., Вагнер Г., Гвишиани Д.М., Конвей Р.В., Кофман А., Колобов А.А., Ларичев О.И., Митрофанов В.Г., Омельченко И.Н., Первозванский А.А., Поспелов Г.С., Поспелов Д.А., Смоляр Л.И., Сосонкин В.Л., Шкурба В.В., Элмаграби С. Однако, большинство из разработанных методов ориентированы на решение статических задач, когда исходная информация заранее полностью известна и не меняется в течение достаточно длительного интервала времени. Кроме того, в работах указанных авторов, как правило, никак не учитываются особенности производственных и технологических процессов,

для повышения эффективности которых собственно и решается задача управления. Анализ показывает, что учет особенностей технологических и производственных процессов является важным резервом управления, использование которого может обеспечить повышение эффективности производства без больших дополнительных затрат.

По результатам проведенного анализа сформулирована цель работы, выделены основные задачи и определен методический план выполнения работы.

Во второй главе «Постановка и метод решения задачи организационного управления» проведены исследование и формализация производственного процесса и сформулирована задача организационного управления предприятием РТИ.

В каждый момент времени t в производственной системе имеется множество заказов, образующих текущий портфель заказов:

$$Z(t) = \{Z_i(t) / i = 1, 2, \dots, N_i(t)\}, \text{ где}$$

$N_i(t)$ – число заказов в момент времени t .

Каждый i -й заказ из портфеля $Z_i(t) \in Z(t)$, содержит изделия одного наименования и характеризуется следующими атрибутами:

$$Z_i(t) = \langle H_i, W_i, L_i, s_i, c_i, N_i, \lambda_i, t_i, T_i \rangle', \quad i = 1, 2, \dots, I_t,$$

Атрибуты заказа – это: габариты пресс-формы H_i, W_i, L_i ; число пресс-форм, имеющих на производстве s_i ; число изделий, изготавливаемых одновременно в одной пресс-форме c_i ; число изделий в заказе N_i ; множество технологических условий производства изделий λ_i (температура вулканизации $t^{\circ}_{\text{вулк}}$, давление на пресс-форму, время вулканизации $t^{\text{вулк}}_i$, вспомогательное время $t^{\text{всп}}_i$ и др.); время поступления заказа в систему t_i ; плановый срок выпуска T_i .

На производстве имеется оборудование различных типов. В определенный момент времени t , оно представляет собой конечное множество:

$$O(t) = \{O_{jk}(t) / j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, K_j\}, \text{ где}$$

J – число различных типов оборудования;

K_j – число единиц оборудования одного (j -го) типа.

Отдельная k -я единица оборудования j -го типа $O_{jk}(t)$ характеризуется набором определенных параметров.

Вариант закрепления изделия за оборудованием задается матрицей инцидентности F^1 , а вариант обслуживания оборудования рабочими может быть задан матрицей инцидентности F^2 .

В качестве основного критерия для выбора варианта плановых заданий будем использовать величину времени на выполнение всего текущего портфеля заказов $T_{\text{пор}}$. Это время необходимо минимизировать.

$$T_{пор} = \max_{\{i\}} \{T_i^{ок}\} \rightarrow \min, \text{ где}$$

$T_i^{ок}$ – время окончания выполнения i -го заказа, которое в общем случае отличается от планового срока выпуска T_i в ту или иную сторону.

В общем виде задача сменно-суточного планирования выпуска РТИ для типовых условий отрасли может быть сформулирована следующим образом:

Для каждой единицы оборудования из $O(t) = \{O_j(t) / j = 1, \dots, J; k = 1, \dots, K_j\}$, определить вариант закрепления изделия за оборудованием F^I , вариант обслуживания оборудования рабочими F^Q , а также последовательность $T^{нач} = \{T_i^{нач} / i = 1, \dots, I, \}$ запуска изделий из имеющегося портфеля заказов $Z(t)$ в производство, обеспечивающих минимизацию времени выполнения всей производственной программы $T_{пор} \xrightarrow{F^I, F^Q, T^{нач}} \min$.

При этом необходимо обеспечить выполнение следующих ограничений и требований:

1. Обеспечить максимальное использование прессов $U'_o \rightarrow \max$, применяя имеющиеся пресс-формы и учитывая возможность одновременного изготовления изделий на оборудовании изделий различных наименований. Пресс-формы должны иметь одинаковую высоту, а изделия – одинаковые технологические условия изготовления. Раскладка пресс-форм не должна превышать размеры платформы пресса.

2. Минимизировать число рабочих $N_p(t)$, обслуживающих оборудование, т.е. решить оптимизационную задачу $U'_p \rightarrow \min$.

3. Обеспечить требуемые технологические условия выпуска изделий.

Решение подобных задач требует выработки комплексных подходов, объединяющих в себе как строгие математические модели и методы, так и решения, предлагаемые человеком на основе его жизненного опыта и интуиции (эвристики), методы имитационного моделирования, статистические подходы, информационные технологии, численные методы и т.п.

Таким образом, имеет место соотношение:

$$T_{пор} = \Phi(Z(t), O(t), F^I, F^Q, T^{нач}) \xrightarrow{F^I, F^Q, T^{нач}} \min$$

где Φ – некоторая модель рассматриваемой производственной системы, которая должна быть разработана для дальнейшего использования в системе управления.

Далее формулируется задача организации одновременной групповой обработки различного типа изделий на одной единице оборудования. Задача ставится как оптимизационная. Критерием, по которому осуществляется группирование изделий, может служить коэффициент заполнения площади плиты пресса. Данный критерий необходимо максимизировать для каждой единицы оборудования:

$$Q_j = \frac{S_i^{np} \times s_i^{np}}{S_j^{np}} \xrightarrow{F'} \max, \text{ где}$$

$S_i^{np} = W_i \times L_i$ – площадь пресс-форм;

s_i^{np} – число пресс-форм каждого наименования;

$S_j^{np} = W_j^o \times L_j^o$ – размеры плиты пресса.

Предлагается следующий эвристический алгоритм решения, состоящий из трех основных этапов (рис.1) и использующий сложное приоритетное правило для вычисления приоритета заказа, согласно значению которого осуществляется включение заказа в план-график производства. Для i -го заказа приоритет будем определять по формуле:

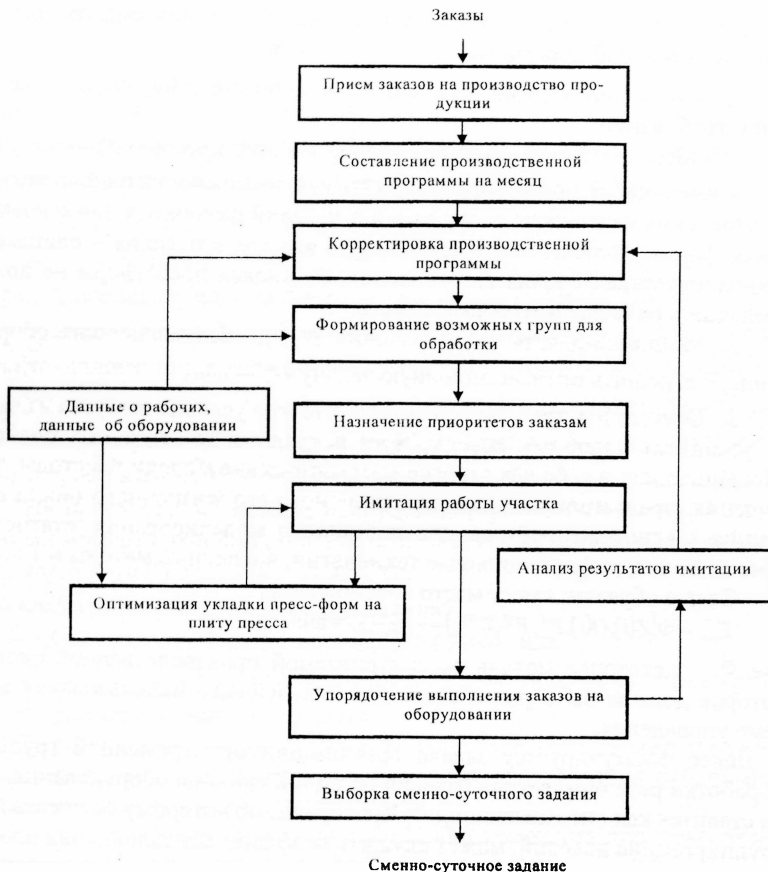


Рис.1. Схема организационного управления.

$$prior_i = \alpha_1 \times U_i + \alpha_2 \times V_i + \alpha_3 \times t_i^{опл} + \alpha_4 \times t_i^{подг}, \text{ где}$$

α_j – весовой коэффициент,

U_i – срочность i -го заказа, определяемая его плановым сроком выпуска (T_i),

V_i – объем партии выпуска,

$t_i^{опл}$ – основное операционное время,

$t_i^{подг}$ – подготовительное время.

Предложено для определения оптимальных (или близких к ним) упаковок пресс-форм на плиту прессы применить генетический оптимизационный алгоритм (ГА). Для оптимального выбора значений коэффициентов сложного приоритетного правила также используется ГА. Это создает предпосылки для унификации процедур принятия решений при организационном управлении. Для использования ГА необходимо найти способ кодирования бинарными строками решений, определить способ получения значений функции пригодности, подобрать параметры ГА.

В третьей главе диссертации «Модели и система организационного управления» система организационного управления разрабатывается как гибридная система (ГС), состоящая из разнородных подсистем, функционирующих совместно в едином информационном пространстве. Для принятия решений в ГС обычно используют сложное сочетание математических, статистических, оптимизационных, вычислительных, эвристических методов. При этом на практике всегда имеет место приоритет решаемой задачи над используемыми методами. Для поставленных в настоящей работе целей необходимо разработать ГС, включающую в свой состав в качестве подсистем такие разнородные элементы как блоки оптимизации, расчетные блоки, блоки поддержки информационной базы и т.д.

В настоящее время существует единственный способ для построения адекватной модели любой системы или ее части с любой степенью точности и детализации – имитационное моделирование. Только имитация позволяет получить оценку качества функционирования моделируемой сложной системы с учетом ее динамики и достаточной точностью. Поэтому в ГС объединяются имитационная модель и блоки оптимизации, использующие ГА; кроме них в ГС входят расчетные блоки. Общая структура разработанной ГС приведена на рис.2.

Для реализации подсистем ГС используется среда интеллектуального имитационного моделирования, основанная на методе РДО (Ресурсы-Действия-Операции). Она представляет собой интегрированное многофункциональное средство для разработки интеллектуальных систем моделирования и принятия решений. В третьей главе приведено краткое описание среды РДО.

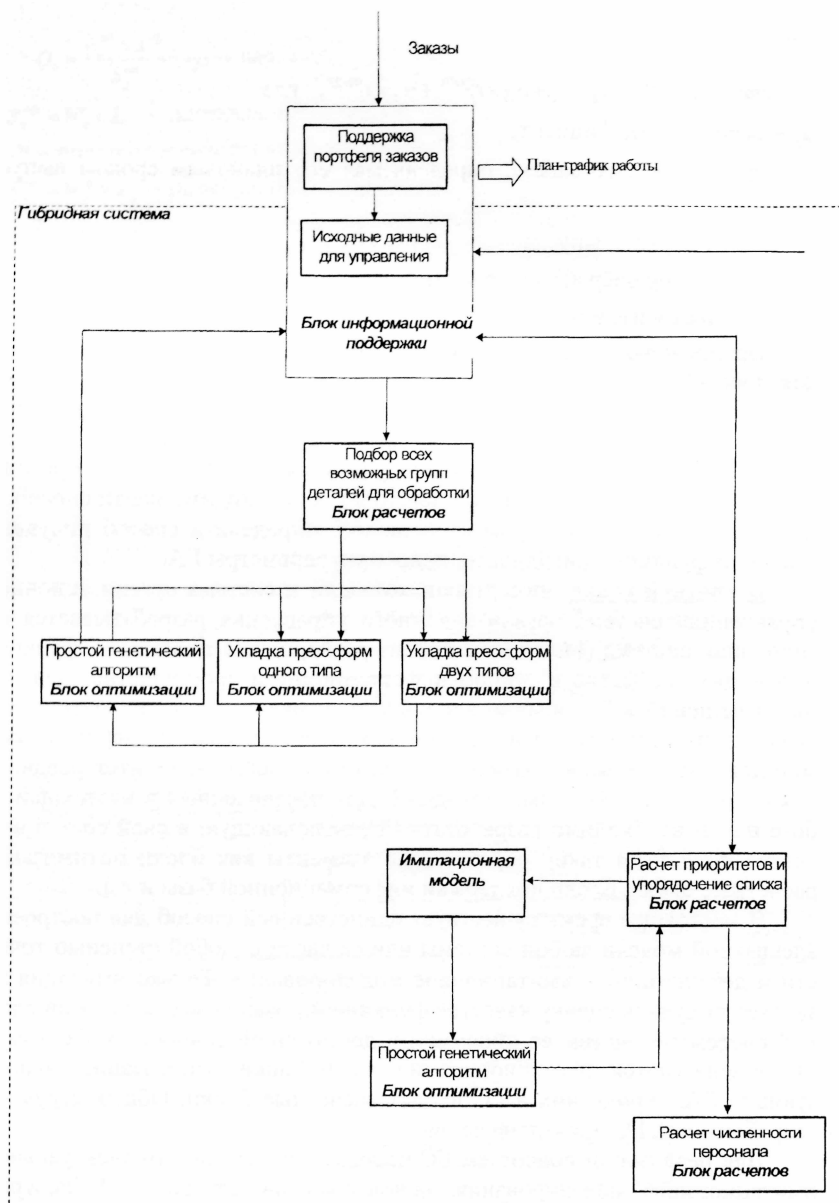


Рис.2. Структура гибридной системы.

Для решения поставленных задач в среде РДО было разработано две имитационных модели, отличающиеся целями, для которых они создавались, и, соответственно, степенью подробности моделирования различных аспектов производственных бизнес-процессов: модель для анализа пропускной способности системы; модель для подбора коэффициентов приоритетного правила. Указанные РДО модели состоят из баз данных и знаний с ярко выраженной модульной структурой, поэтому они могут легко адаптироваться к изменению условий моделируемых производственных систем и процессов, протекающих в них.

Также в среде РДО разработана программа оптимизационного генетического алгоритма. Для использования ГА при нахождении значений коэффициентов приоритетного правила, предложена схема кодирования решений (рис.3) и рассмотрены генетические операторы воспроизведения, скрещивания и мутации простого ГА.

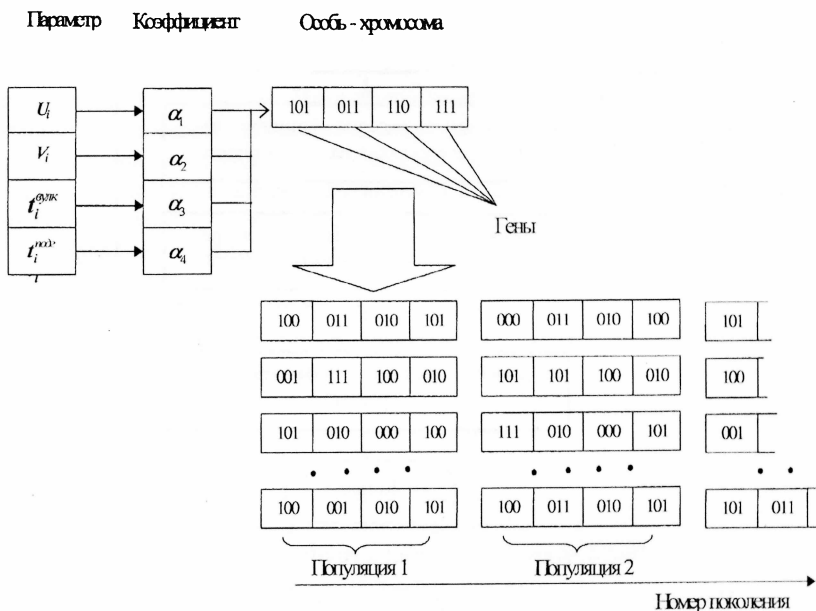


Рис.3. Схема кодирования коэффициентов приоритетного правила.

Разработан алгоритм, осуществляющий решение задачи групповой обработки изделий с оптимальной укладкой пресс-форм на плиту пресса. Его схема приведена на рис.4. В качестве оптимизационной процедуры здесь также применяется ГА

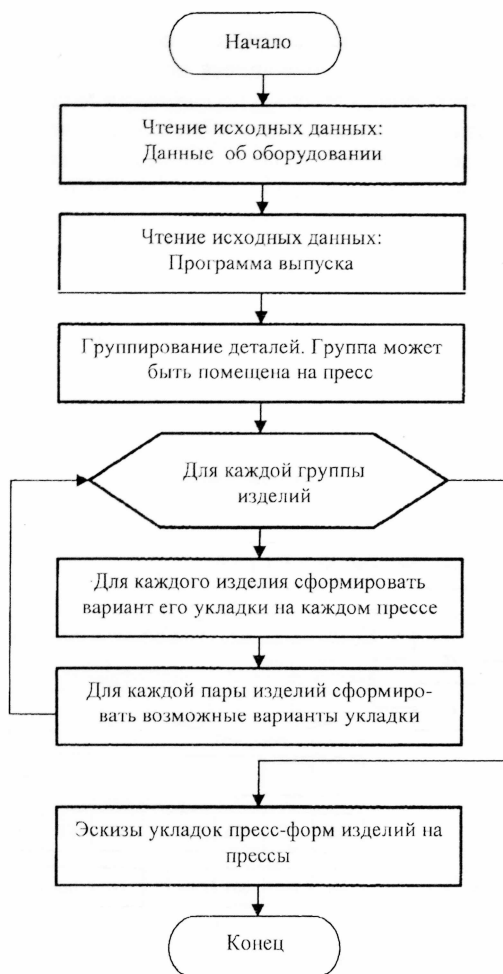


Рис.4. Алгоритм подбора групп изделий для обработки

Показано, что производственные условия выпуска РТИ допускают использование одновременно на одном прессе либо пресс-форм одного типа (одного изделия), либо двух типов. Для использования ГА в обоих случаях предложены способы кодирования решения. Для кодирования варианта укладки пресс-форм одного типа оказалось достаточным представить укладку в виде совокупности трех зон. Зоной здесь считается прямоугольная часть области размещения, в которой пресс-формы ориентированы одинаковым образом (рис.5а). В случае использования групповой обработки –

укладка пресс-форм двух типов, кодирование имеет вид, представленный на рис. 5.б.

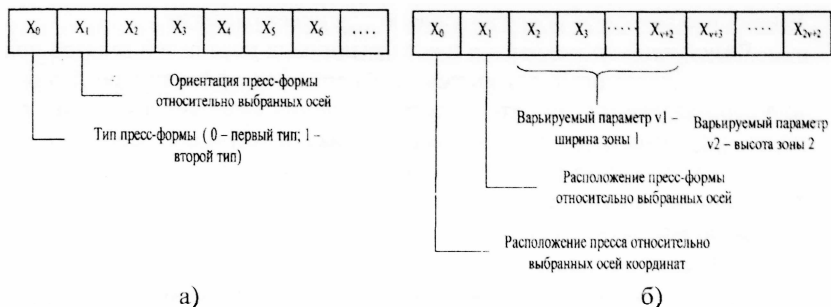


Рис.5а,б. Схемы кодирования укладок пресс-форм

В четвертой главе «Исследование системы организационного управления» представлены результаты исследований, функционирования ГС, разработанной в главе 3. Выполнена имитация работы системы сменного суточного планирования с целью определения значений коэффициентов правила назначения приоритетов заказам, обеспечивающих эффективность планирования. Исследования выполнены на различных портфелях заказов (программах выпуска), которые генерировались на имитационной модели с использованием статистических данных о программах выпуска участка «ОАО Коломенский завод РТИ».

На графиках (рис.6) приведены результаты работы оптимизационного ГА, который минимизирует выбранный критерий эффективности $T_{пор} = \max_{\{i\}} \{T_i^{ок}\} \rightarrow \min$ для одного из портфелей заказов.

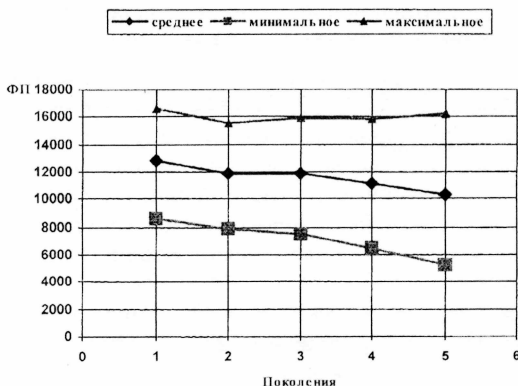


Рис.6. Изменение ФП по поколениям.

Здесь представлены изменения функции пригодности особей (критерия эффективности) по поколениям. Приведены значения для максимальной, минимальной (наилучшей) особей и среднее значение по поколению. Видно, что алгоритм последовательно улучшает решение.

Результаты исследования шести различных портфелей заказов показали, что предложенные алгоритмы обеспечивают эффективное планирование работы участка. За пять первых поколений значение функции пригодности улучшается на 6-15%. Расшифровка наилучшей особи позволила найти значения коэффициентов приоритетного правила, при которых система организационного управления наиболее эффективна:

$$prior_i = 0,1333 \times U_i + 0,1176 \times V_i + 0,2118 \times t_i^{эуак} + 0,8157 \times t_i^{под}.$$

Выбраны значения параметров самого ГА: число особей в популяции $N_p = 20$; вероятность скрещивания $\rho_c = 0,7$; вероятность мутации $\rho_m = 0,06$. Данные значения оказались достаточно хорошими и для всех портфелей обеспечивают последовательное улучшение значения критерия эффективности.

В целом можно сделать вывод, что предложенный подход, базирующийся на простом ГА, осуществляет поиск решения за приемлемое время. Алгоритм обеспечивает достаточно хорошую точность получаемых показателей.

Исследования алгоритма укладки пресс-форм на плиту пресса показали, что он обеспечивает достаточно высокое значение показателя эффективности на всем диапазоне изменения отношения длины к ширине пресс-формы. Наихудшие варианты укладок имеют место для квадратных пресс-форм и для пресс-форм с отношением длины к ширине равным 0,5.

В пятой главе «Апробация результатов исследования в производственных условиях» приводится описание программной среды и интерфейса диспетчера, реализующих подходы и методы организационного управления, разработанные в диссертационной работе. Среда позволяет составлять и поддерживать в актуальном состоянии производственную программу и осуществлять сменно-суточное планирование с закреплением рабочих. Предварительно описаны условия функционирования участка предприятия. Приведен пример группирования изделий предприятия для совместной обработки на прессах для реальных данных предприятия «ОАО Коломенский завод РТИ». Полученные результаты подтверждают эффективность выполненных исследований. Экономический эффект от внедрения разработок на предприятии «ОАО Коломенский завод РТИ» составил около 250000 рублей в год.

В Приложении 1 приведен текст объектов имитационной модели участка по выпуску РТИ, а **в Приложении 2** содержится текст объектов имитационной модели для оптимизации коэффициентов приоритетного правила.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Главным путем повышения эффективности производства отрасли следует считать совершенствование системы организационного управления, которое позволяет получить выигрыш от 6 до 15% на изготовлении основных изделий отрасли.

2. Впервые поставлена и решена задача оптимального планирования с учетом организационно-технологических особенностей и возможности группирования пресс-форм при обработке. Использование групповой обработки обеспечивает повышение эффективности на 6-7 %.

3. Применение гибридных систем, использующих для поиска решений разнородные компоненты, является эффективным в условиях быстроменяющегося портфеля заказов и большой неопределенности и стохастичности организационных и технологических процессов.

4. Для оценки эффективности решений и настройки системы планирования необходимо применять имитационное моделирование, как аппарат, позволяющий с наибольшей адекватностью описать производственный процесс с учетом его динамики и вероятностного характера.

5. Применение простейшего генетического алгоритма к качеству метода оптимизации позволяет получать эффективные решения как при планировании, так и при укладке пресс-форм за приемлемое для оперативного управления время.

6. Разработана программная система, позволяющая осуществлять составление производственной программы, ее коррекцию в реальном масштабе времени и сменно-суточное планирование. Система снабжена удобным интерфейсом пользователя.

7. Внедрение результатов исследования на участке по выпуску резинотехнических изделий предприятия «ОАО Коломенский завод РТИ» показало правильность предложенных решений и обеспечило повышение эффективности на 10-12%, что для типового предприятия отрасли составляет около 250000 рублей в год.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г. Гибридная система планирования позаказного производства // Конструкторско-технологическая информатика-2000: Труды IV-го международного конгресса. – М., 2000. – Т.1. – С.182-184.

2. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г. Гибридные системы на базе генетических оптимизационных алгоритмов и интеллектуального имитационного моделирования // Труды 7-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2000. – Переславль-Залесский, 2000. – Т.2. – С.780-788.

3. Emelyanov V. V., Zafirov E.G. Hybrid systems on the basis of genetic optimization algorithms and intelligent simulation // Труды 7-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2000. – Переславль-Залесский, 2000. – Т.2. – С.904.

4. Зафиров Э.Г. Гибридная система краткосрочного планирования // Труды 7-й международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика». – М., 2001. – Т.1. – С. 255-256.

5. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г. Гибридная система планирования выполнения заказов на малом предприятии // Научная сессия МИФИ-2001: Сборник научных трудов. В 14 томах. – М., 2001. – Т.3. – С.64–65.

6. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г. Гибридная система планирования малого предприятия с позаказным производством // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий: Труды 5-й Российской научно-практической конференции РБП-2001. – М., 2001. – С.85–89.

7. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г., Штаутмайстер Т. Генетические алгоритмы в гибридных интеллектуальных системах // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Труды международного научно-практического семинара. – М., 2001. – С.77–82.

8. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г., Штаутмайстер Т. Поддержка реинжиниринга позаказного производства // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями: Труды 6-й Российской научно-практической конференции РБП-СУЗ-2002. – М., 2002. – С.118-122.

9. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г. Гибридные модели поддержки принятия решений при реинжиниринге // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: Труды II-го международного научно-практического семинара. – М., 2003. – С.34-40.

10. Емельянов В.В., Зафиров Э.Г. Гибридные модели в реинжиниринге производства // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды V-й Международной конференции / Под. ред.: В.П. Мясникова, Н.А. Кузнецова, В.А. Виттиха. – Самара, 2003. – С.168–175.

11. Зафиров Э.Г. Реинжиниринг позаказного производства // Сборник трудов Международных научно-технических конференций IEEE AIS'03 и CAD-2003. – М., 2003. – Т.2. – С.181-190.