

На правах рукописи

**БЕСПАЛОВА Евгения Эдуардовна**

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В  
ОПЕРАТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА  
СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

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

**Барнаул – 2007**

Работа выполнена на кафедре «Прикладная математика» ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

|                       |                                                                                                                                          |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Научный руководитель  | кандидат экономических наук, доцент<br>Астахова Александра Васильевна                                                                    |
| Официальные оппоненты | доктор технических наук, профессор<br>Марков Андрей Михайлович<br><br>кандидат экономических наук, доцент<br>Бражникова Ольга Дмитриевна |
| Ведущая организация   | ГОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»                                                                          |

Защита состоится «28» мая 2007 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета КМ 212.004.01 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656038 г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова».

Автореферат разослан «\_\_\_» апреля 2007 г.

Ученый секретарь регионального  
диссертационного совета  
кандидат экономических наук, доцент

А.Г. Блем

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В условиях развивающихся рыночных отношений в России резко усложнились задачи управления производственными объектами в целом и предприятиями стройиндустрии в частности. Постоянно изменяющиеся архитектурно-строительные и конструктивные характеристики объектов строительства, а также возрастающая конкуренция на рынке строительных конструкций свидетельствуют о том, что наступило время, когда резервы традиционных приемов совершенствования управления производством на предприятиях сборного железобетона оказались исчерпанными.

Один из перспективных путей решения этих вопросов заключается в повышении эффективности управления производственными объектами на основе использования научно обоснованных методов выработки и принятия решений с применением соответствующего математического аппарата и средств вычислительной техники.

Для решения задач принятия решений применяются различные методы и алгоритмы. Например, Вальд, Гурвиц и Сэвидж предлагают использовать теорию статистических решений и теорию игр. Маршак, Чернов и Рубин, а также Блекуэлл дю, Гиршик – субъективную вероятность. Когнитивный анализ: Максимов В.И., Корноушенко Е.К. Федулов Ю.Г. Методы экспертных систем и искусственного интеллекта: Литвак Б.Г., Бешелев С.Л., Гурвич Ф.Г., Евланов Л.Г., Кутузов В.А., Пятковский О.И. Методы нечеткой логики: Усков А.А., Васильев В.И. Имитационное моделирование: Бусленко Н.П., Багриновский К.А., Форрестер Дж. и другие.

Однако, несмотря на кажущуюся разработанность проблемы, многие вопросы пока не решены как в теоретическом, так и в практическом плане. Основные методы имеют хорошую теоретическую основу, однако для многих из них слабо рассмотрен вопрос их применения в социально-экономических системах в целом, и на предприятиях стройиндустрии при планировании производства, в частности.

Большинство методов, применяемых для поддержки принятия решений, малопригодны в условиях реального процесса планирования производства на предприятиях строительной индустрии в связи со спецификой производства. Поэтому актуальной является задача адаптации существующих методов и формирование новых алгоритмов для поддержки принятия решений с учетом специфики планирования производства сборного железобетона. Внедрение в практику оперативного

управления производством строительных конструкций системы поддержки принятия решений с использованием экономико-математических моделей и алгоритмов на сегодняшний день приобретает особое значение и определяется на верхних эшелонах управления предприятиями как одно из приоритетных направлений автоматизации оперативного управления основным производством.

В России вопросам разработки систем поддержки принятия решений особое внимание уделяет Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, в котором были разработаны автоматизированная информационная система для аппарата управления производственно-хозяйственного комплекса типа городского хозяйства или крупного производственного объединения и «ТЭО-ИНВЕСТ» – программный комплекс для финансового планирования и разработки бизнес-планов инвестиционных проектов на базе имитационной модели предприятия.

В сфере производства также можно отметить системы разработанные компанией КУРС: система поддержки принятия управленческих решений «КУРС» и система «ТАРИФ», предназначенная для оптимизации тарифов на прокачку нефтепродуктов по трубопроводной системе по заказу ОАО «АК Транснефтепродукт».

Подсистемы оперативного управления производством в рамках информационных систем, внедренные в настоящее время на предприятиях по производству строительных конструкций, в основном ориентированы на автоматизацию задач оперативного учета и анализа производства и отгрузки товарной продукции. Для решения задач анализа в таких системах хранятся плановые задания производственным подразделениям, формируемые и вводимые вручную.

Проблемам автоматизации принятия плановых решений в оперативном управлении производством строительных конструкций должного внимания в теории и практике разработки информационных систем до сих пор не уделялось. Необходимость исследования указанных проблем вытекает из общих задач деятельности предприятий по производству строительных конструкций в условиях жесткой конкуренции на местных рынках названных товаров.

**Объект исследования:** система оперативного планирования производства сборного железобетона.

**Предмет исследования:** структура автоматизированной информационной системы оперативного планирования производства на предприятиях по производству сборного железобетона, структура и

алгоритмы функционирования модулей поддержки принятия решений с применением современных информационных технологий.

**Цель исследования:** повышение эффективности оперативного планирования производства сборного железобетона за счет разработки состава и структуры автоматизированной системы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства данных изделий и её программной реализации.

**В соответствии с целью были определены взаимосвязанные задачи, решение которых составляет содержание диссертационного исследования:**

1. Анализ средств и методов генерации и оценки вариантов альтернативных решений и областей их применения.
2. Выделение основных задач, обеспечивающих информационную поддержку принятия решений при планировании производства сборного железобетона.
3. Разработка алгоритмов генерации и оценки вариантов производственных программ предприятия по производству строительных конструкций из сборного железобетона.
4. Разработка имитационной модели производственной системы предприятия для имитации процесса реализации вариантов оперативных производственных программ предприятия, и цехов по производству сборного железобетона.
5. Определение структуры и разработка программной реализации системы поддержки принятия решений (СППР) в оперативном планировании производства строительных конструкций.
6. Анализ эффективности внедрения информационной модели системы оперативного планирования производства до и после внедрения СППР на предприятия по производству сборного железобетона с использованием case-средств проектирования и анализа информационных систем.

**Методы исследования.** Поставленные в диссертационной работе задачи решались с применением методов системного анализа, исследования операций, имитационного моделирования, теории принятия решений, проектирования информационных систем, в т.ч. case-средств проектирования и анализа информационных систем.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Основные направления информационной поддержки принятия решений при оперативном планировании производства сборного железобетона.

2. Алгоритмы генерации вариантов оперативных производственных программ предприятия с учетом специфики производства железобетонных изделий.
3. Методы оценки вариантов оперативных производственных программ предприятия по производству сборного железобетона.
4. Имитационная модель производственной деятельности предприятия, имитирующая процесс реализации оперативных производственных программ предприятия по производству железобетонных изделий.
5. Структура и программная реализация системы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона.
6. Результаты исследования эффективности внедрения системы оперативной поддержки принятия решений в хозяйственную деятельность предприятий по производству сборного железобетона.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

- сформулированы основные направления информационной поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона;
- предложен алгоритм генерации оперативных производственных программ предприятий по производству сборного железобетона с использованием метода анализа иерархий для ранжирования заказов и клиентов, а также методы и критерии их оценки;
- в рамках системы оперативного планирования производства разработана имитационная модель производственной системы предприятия по производству сборного железобетона;
- разработана структура и программная реализация системы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона.

**Практическая значимость исследования.** Предложенные методы и алгоритмы реализации информационной системы поддержки принятия решений в оперативном планировании сборного железобетона можно использовать на предприятиях по производству строительных конструкций.

Применение блока имитационного моделирования реализации оперативных производственных программ предприятия позволяет производить анализ динамики показателей производственной деятельности предприятия, в условиях не полной определенности информации о рынке. При этом возможно сделать выводы о стабильности функ-

ционирования моделируемой системы и принять управляющие решения, регулирующие в модели темпы соответствующих потоков.

Практическую ценность представляет блок ранжирования клиентов и заказов, который возможно применять для расстановки приоритетов на основании экспертных оценок.

Таким образом, использование предложенной системы позволило повысить точность, оперативность и эффективность принимаемых плановых решений, повысить обоснованность оперативного планирования, обеспечить своевременность изготовления продукции, что в совокупности приводит к снижению затрат и повышению эффективности производства.

**Реализация результатов.** Разработанная информационная система поддержки принятия решений используется в процессе оперативного планирования производства строительных конструкций в производственно-диспетчерских отделах на ряде предприятий Алтайского края, что подтверждено актами о внедрении.

На разработанную информационную систему поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона получено свидетельство Российского агентства по патентам и товарным знакам (Роспатент) № 2007610287 от 16 января 2007 г.

**Апробация результатов работы:** Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на международной конференции «Интерактивные системы: проблемы человеко-машинного взаимодействия» (г.Ульяновск, 2003 г.), на научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь - Барнаулу» (г.Барнаул, 2003 г.), на научно-практической конференции «Управление социально-экономическими системами: теория и практика» (г.Барнаул, 2005 г.), на Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (г.Новосибирск, 2006 г.), на международных научно-технических конференциях «Измерение, контроль, информатизация» (г. Барнаул) в 2005-2006 годах.

**Публикации:** по теме диссертации опубликовано 12 работ общим объемом 3 п.л., в том числе в журнале, рекомендованном ВАК. На информационную систему поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона получено свидетельство о регистрации.

**Структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из

введения, трех глав, заключения, списка литературы и 8 приложений общим объемом 180 страниц, содержит 37 рисунков, 8 таблиц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** изложена суть поставленной научной задачи и обоснована актуальность темы диссертации.

**В первой главе** «Анализ моделей и методов поддержки принятия решений в планировании производства в условиях неопределенности» диссертационной работы рассмотрены модели и методы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства в условиях неполной определенности информации об объекте управления.

Произведен обзор исследований в области информационной поддержки принятия решений, в том числе и систем поддержки принятия решений. Рассмотрены системы подготовки данных для принятия управленческих решений на базе стандартов MPR, MPR II, ERP. Отмечены преимущества и недостатки тиражируемых систем данного класса, в том числе сложность, длительность и дороговизна внедрения. Приведены примеры реализованных систем поддержки принятия решений для различных сфер деятельности. Сделан вывод об отсутствии систем, применимых для целей информационной поддержки принятия решений в планировании производства сборного железобетона в связи со спецификой производства.

Приведена сравнительная характеристика типов управленческих решений, а также решений принимаемых при оперативном планировании дискретного многономенклатурного производства на примере предприятия по производству сборного железобетона. Отмечено, что поддержка принятия решений разных типов должна оказываться руководству промышленного предприятия по-разному, с использованием различных методов и различной информации.

Рассмотрены средства и методы генерации решений, их особенности и области применения. Например, рассмотрены методы теории игр и статистических решений, методы математического программирования, имитационные методы, когнитивное моделирование. Также рассмотрены средства и методы оценки альтернативных решений. Основной упор сделан на рассмотрение многокритериальных методов оценки, в том числе и на теорию полезности, метод анализа иерархий, методы нечеткой логики, применимые в условиях неопределенности.

Сделаны выводы о возможностях применения средств и методов генерации и оценки решений к системе оперативного планирования



производства строительных конструкций в условиях неопределенности.

В заключение первой главы диссертационной работы определены основные направления информационной поддержки принятия решений при оперативном планировании производства на предприятиях строительной индустрии, и выделены задачи, рассмотренные в настоящем исследовании. К ним отнесены следующие задачи:

Первая. Разработка методических основ генерации и оценки вариантов оперативных производственных программ предприятия по производству сборного железобетона с целью повышения эффективности планирования производства.

Вторая. Разработка имитационной модели реализации производственных программ предприятия по производству сборного железобетона для анализа ритмичности производства и принятия более обоснованных решений.

Третья. Разработка комплексной системы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона, реализующую функции генерации вариантов оперативных производственных программ предприятия и цехов, их оценки по выбранным критериям, учета фактического выполнения, а также дополнительные функции расчета потребности в материалах и загрузки оборудования.

**Вторая глава** «Разработка методов решения задач поддержки принятия решений при оперативном планировании производства сборного железобетона» посвящена разработке методов решения задач поддержки принятия решений при планировании производства строительных конструкций.

В первом параграфе рассмотрен процесс принятия решений в контуре управления предприятием и общая структура процесса принятия решений. Выделены этапы процесса принятия решений при планировании производства на промышленных предприятиях по производству сборного железобетона.

Описана система оперативного планирования производства и определен ее состав в рамках системы оперативного управления предприятием по производству железобетонных конструкций.

Отмечены особенности производства железобетонных изделий, оказывающие влияние на систему оперативного планирования. В современных условиях производство железобетонных изделий осуществляется в основном строго на заказ по договорам на объекты строи-

тельства, в том числе и на собственное строительство. Производство на склад типовых изделий ограниченной номенклатуры осуществляется только для продажи по заявкам. На каждый объект строительства оформляются комплектовочно-технологические карты-заказы, в которых содержится в том числе и применяемость деталей в железобетонных изделиях. Следует отметить, что типовость конструкций может быть соблюдена в размерах изделий, но различна из-за закладных деталей, что создает большой разбег по номенклатуре товарной продукции и при этом многие изделия выполняются на заказ по индивидуальным чертежам.

Исследованная система оперативного планирования производства близка к системе планирования «на заказ». Однако в связи с короткими циклами производства железобетонных изделий и большими объемами рассматриваемая система приближается к серийной.

Во втором параграфе с учетом специфики производства приведены методические аспекты использования методов генерации и оценки вариантов оперативных производственных программ для решения поставленных в диссертационном исследовании задач. Для задачи ранжирования клиентов и заказов предлагается использовать метод анализа иерархий, применяемый для поддержки принятия решений посредством иерархической композиции задачи и ранжирования альтернативных вариантов.

Приведена иллюстрация использования данного метода для ранжирования клиентов предприятия. При этом выделены следующие группы показателей оценки клиентов: финансовое положение, деловая репутация, интересы завода, рынок сбыта, прочее.

Формирование вариантов производственных программ предприятия предлагается осуществлять с помощью эмпирических алгоритмов на основании рассчитанных приоритетов с учетом ограничений накладываемых мощностью предприятия и наличием материалов.

Описаны следующие алгоритмы формирования альтернативных производственных программ предприятия по производству сборного железобетона: включение всех изделий из заказов с приоритетом не более выбранного; удовлетворение потребностей определенного заказчика; согласно приоритетам заказов; согласно приоритетам заказчиков.

Для оценки производственных программ проанализированы и представлены технико-экономические показатели, используемые в качестве критериев выбора наилучшего варианта.

К ним отнесены: объем выпуска продукции в стоимостном выражении, общий объем прибыли предприятия, себестоимость производственной программы, рентабельность продукции, прямые материальные затраты на производственную программу, фондоотдача, рентабельность производства, производительность труда, материалоемкость производственной программы, затраты на один рубль продукции, суммарная загрузка оборудования, суммарный объем используемых ресурсов.

Рассмотрены математическое, экономическое содержание и границы наиболее целесообразного использования критериев эффективности при оценке производственных программ предприятий по производству сборного железобетона.

Например, отмечено, что при выборе критерия максимума объема выпуска продукции в стоимостном выражении отдается предпочтение продукции с относительно небольшими затратами, учитываемыми в модели ресурсов, но более освоенной, более дорогой. Роль этого критерия возрастает, когда на продукцию предприятия имеется повышенный спрос.

А критерий минимума себестоимости целесообразно применять, когда спрос на продукцию известен, практически не зависит от цен реализации, подлежит обязательному удовлетворению, и при этом требуется выбрать оптимальный способ производства изделий. В результате использования этого критерия может быть получен план производства, приводящий к снижению качества продукции за счет упрощения технологии, что недопустимо в производстве строительных конструкций.

В третьем параграфе изложены принципы имитационного моделирования, в том числе рассмотрена динамическая детерминированная модель, предложенная Дж. Форрестером. Описаны понятия, используемые в имитационной модели на основе подхода Дж. Форрестера. К ним относятся: уровни, темпы потоков, функции решений, запаздывания.

Уровни характеризуют возникающие накопления внутри системы. Уровни представляют собой те значения переменных в текущий момент времени, которые они имеют в результате накопления из-за разности между входящими и исходящими потоками.

Темпы потоков определяют существующие мгновенные потоки между уровнями в системе. Темп отражает активность, в то время как

уровни соответствуют значениям показателей характеризующих состояние моделируемой системы.

Функции решений представляют собой формулировку линии поведения, определяющую, каким образом имеющаяся информация об уровнях приводит к выбору решений, связанных с величинами текущих темпов. Все решения касаются предстоящих действий и выражаются в форме темпов потока (выдачи заказов, приобретения оборудования).

Запаздывание характеризует собой процесс преобразования, в результате которого на основе заданного темпа входящего потока устанавливается темп потока на выходе.

Далее в параграфе, для целей имитационного моделирования, описаны основные особенности процесса реализации производственных программ промышленных предприятия по производству строительных конструкций, работающего как по системе на «заказ», так и частично «на склад». Отмечено, что главным фактором обслуживания потребителей является оперативное выполнение заказов, что и оказывает влияние на взаимоотношения фирмы с покупателями ее продукции. Поставки отличаются большими колебаниями по номенклатуре и занимают большое количество времени. Особенностью рассматриваемой системы являются колебания объема входящих заказов из недели в неделю и, особенно, по месяцам в весьма широких диапазонах.

Сделан вывод о возможности применения данного подхода к условиям системы производственной деятельности предприятий по производству сборного железобетона и разработана структура имитационной модели, приведенная на рисунке 1.

**Третья глава** «Автоматизированная система поддержки принятия решений (СППР) в планировании производства железобетонных изделий» посвящена реализации системы поддержки принятия решений в планировании производства сборного железобетона.

В первом параграфе с использованием подхода Дж.Форрестера, предложены математическая модель задачи и структурная схема потоков, моделирующих производственную деятельность предприятия по производству сборного железобетона для каждого блока имитационной модели.

Рассмотрим один из блоков имитационной модели представленной на рисунке 1, а именно – выполнение обязательств по заказам покупателей. В первую очередь составлены уравнения, которые описывают деятельность подразделений предприятия, получающих входя-

щие заказы и вырабатывающих решения, согласно которым часть из поступивших заказов должна быть удовлетворена из запасов, а оставшаяся – выполнена производством.

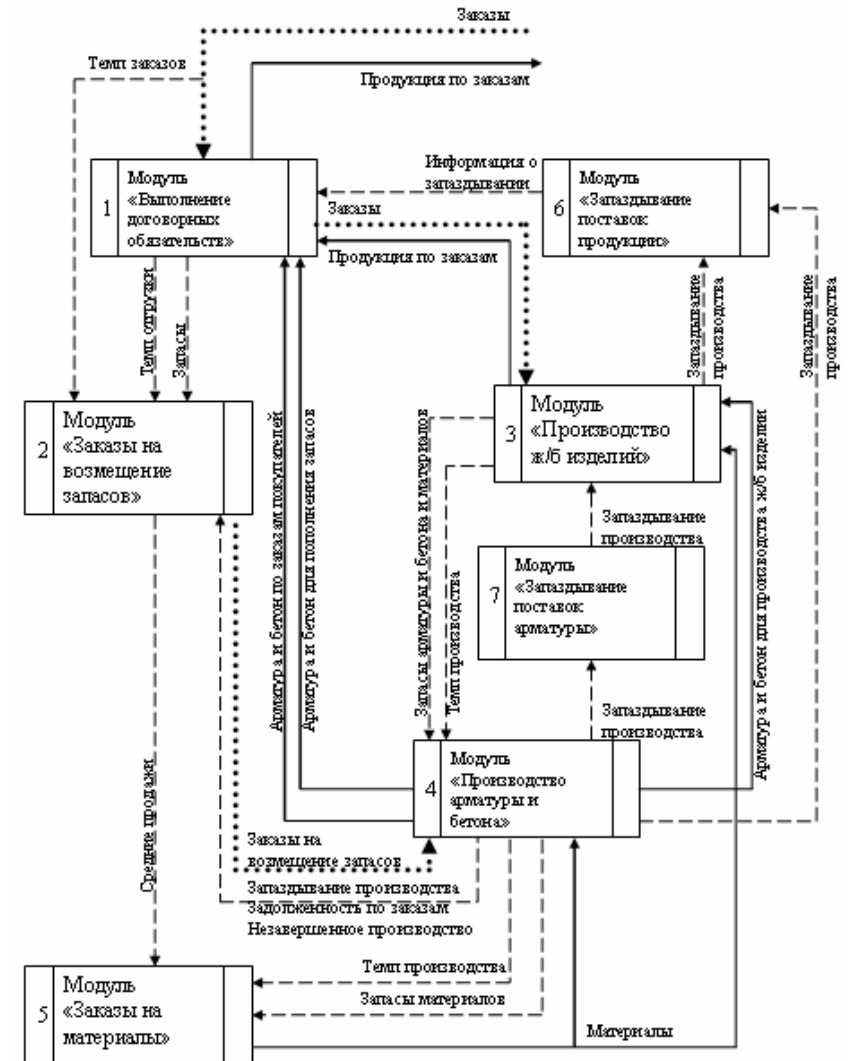


Рисунок 1 – Структурная схема модели производственной системы предприятия по производству сборного железобетона

На рисунке 3 изображены функциональные связи, которые необходимо отобразить в модели. Для этого в модель включены показатели, характеризующие запасы готовой продукции и критерии, которые определяют, имеется ли возможность полностью удовлетворить поступившие заказы за счет запасов.

$$Z_{i;t+1}^{of.} = Z_{i;t}^{of.} + (R_{i;t,t+\Delta t}^{nocm.} - R_{i;t,t+\Delta t}^{запас} - R_{i;t,t+\Delta t}^{произв.})\Delta t; \quad (1)$$

$$Z_{i;0}^{of.} = R_{i;0}^{nocm.} \cdot D^{of.}, \quad (2)$$

где  $Z_{i;t}^{of.}$  – портфель заказов на продукцию  $i$ , находящихся в процессе оформления на предприятии на момент времени  $t$ ;

$R_{i;t,t+\Delta t}^{nocm.}$  – средний темп поступления заказов на продукцию  $i$  на предприятие за период времени;

$R_{i;t,t+\Delta t}^{запас}$  – темп заказов на продукцию  $i$ , удовлетворяемых из запасов предприятия за период времени;

$R_{i;t,t+\Delta t}^{произв.}$  – темп заказов на продукцию  $i$ , удовлетворяемых производством за период времени;

$D^{of.}$  – среднее запаздывание оформления заказов на предприятии.

Уравнение 1 является базовым по форме уравнением описывающим состояние системы на момент времени уровня с одним входящим темпом и двумя исходящими. Оно определяет количество заказов, находящихся в процессе оформления на предприятии. Входящий поток является потоком заказов покупателей, а исходящий поток состоит из двух частей: из потока заказов, удовлетворяемых за счет запасов, и потока заказов, продукция по которым должна быть изготовлена заводом.

Уравнение начальных условий 2 определяет начальное значение уровня заказов, находящихся в оформлении как произведение установившегося значения темпа поступления заказов на предприятие на величину среднего запаздывания их оформления.

Предстоящие за счет запасов поставки по заказам, которые уже оформлены, но еще не выполнены, определяются с помощью уравнения 3. В уравнении 4 начальное установившееся значение уровня заказов на отгрузку равно величине установившегося потока заказов, кото-

рые удовлетворяются из запасов, умноженных на среднее запаздывание отгрузок.

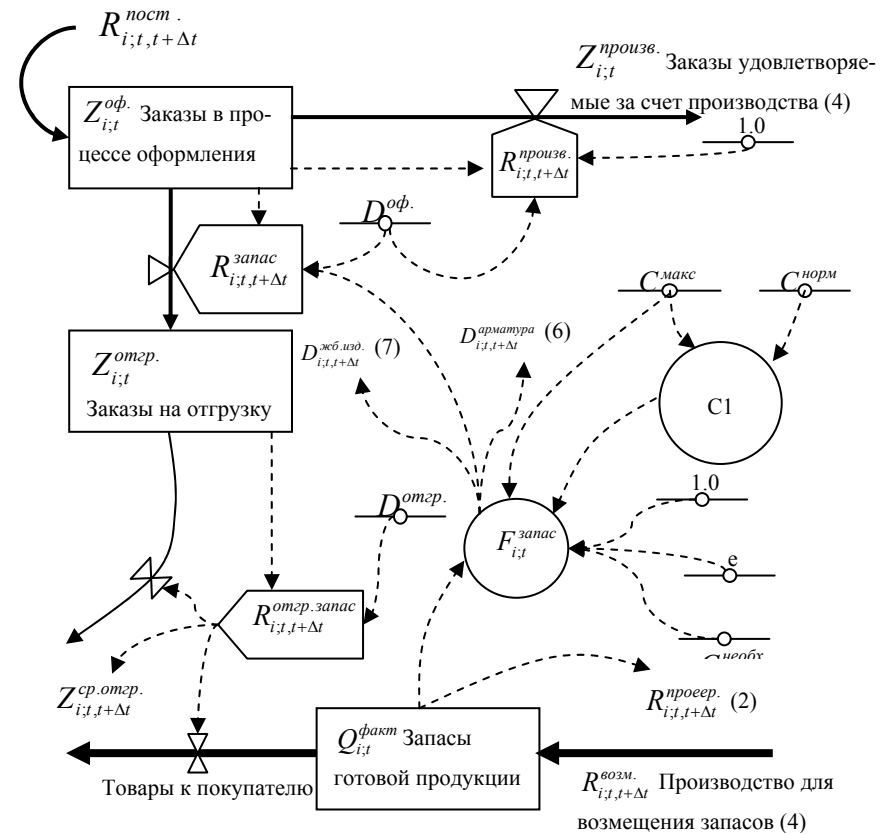


Рисунок 2 – Структурная схема потоков блока «Выполнение заказов покупателей»

Темп отгрузок по заказам будет представлен как фиксированная часть задолженности по заказам на отгрузку. Определяя эту часть с помощью показательного запаздывания первого порядка с помощью уравнения 5. Среднее запаздывание отгрузки в данном случае принималось равным одной неделе.

Уравнение 6 определяет начальное значение темпа поставок продукции, который в установившихся условиях должен быть равен потоку заказов, удовлетворяемых за счет запаса.

$$Z_{i;t+1}^{omzp.} = Z_{i;t}^{omzp.} + (R_{i;t,t+\Delta t}^{занас} - R_{i;t,t+\Delta t}^{omzp.занас})\Delta t; \quad (3)$$

$$Z_{i;0}^{omzp.} = R_{i;0}^{занас} D^{omzp.}; \quad (4)$$

$$R_{i;\Delta t}^{omzp.занас} = Z_{i;t}^{omzp.} / D^{omzp.}; \quad (5)$$

$$R_{i;0}^{omzp.занас} = R_{i;0}^{занас}, \quad (6)$$

где  $Z_{i;t}^{omzp.}$  – количество продукции  $i$  для отгрузки со склада на момент времени  $t$ ;

$R_{i;t,t+\Delta t}^{занас}$  – темп заказов на продукцию  $i$ , удовлетворяемых из запасов предприятия за период времени;

$R_{i;t,t+\Delta t}^{omzp.занас}$  – темп отгрузки продукции  $i$  из запасов предприятия за период времени;

$D^{omzp.}$  – запаздывание отгрузки продукции на предприятии.

Подобным же образом составлены все уравнения имитационной модели реализации производственных программ предприятия по производству сборного железобетона.

Следует обратить внимание, что на структурных схемах присутствуют так называемые узловые точки принятия решений. Решения основываются на состоянии системы, которое здесь представлено совокупностью различных уровней. Некоторые уровни отражают состояние системы в данный момент, другие – представления о том, что происходит в системе. Эти данные являются вводами в узловые точки принятия решений. Вывод из узловой точки принятия решений регулирует темп изменения уровней в системе.

Таким образом, процесс принятия решений представляет собой процесс с обратной связью, осуществляемый для преобразования изменяющихся потоков информации в сигналы, которые регулируют темпы потоков в системе. Узловые точки принятия решений реагируют на изменения, приводящие производственную систему к новому состоянию, что свидетельствует о возможности учета новых обстоятельств по мере возникновения последних. Это значит, что моделируемая система постоянно «приспосабливается» к изменяющемуся положению вещей, что она постоянно избирает золотую середину, определяя интенсивность воздействия, и что она неизменно стремится к достижению приемлемых целей.



Отсюда понятно, что, изменяя темпы потоков в узлах принятия решений, в частности, спрос на продукцию, можно оценить влияние изменяемого темпа на состояние и выходы системы в целом. Следовательно, возможно оценить состояние системы в целом и отдельных ее параметров при внесении возмущающих воздействий, создаваемых, например, сезонными колебаниями спроса на продукцию. Также изменяя значения темпов потоков в системе, данную имитационную модель, можно использовать для определения параметров, при которых достигается стабильное состояние системы.

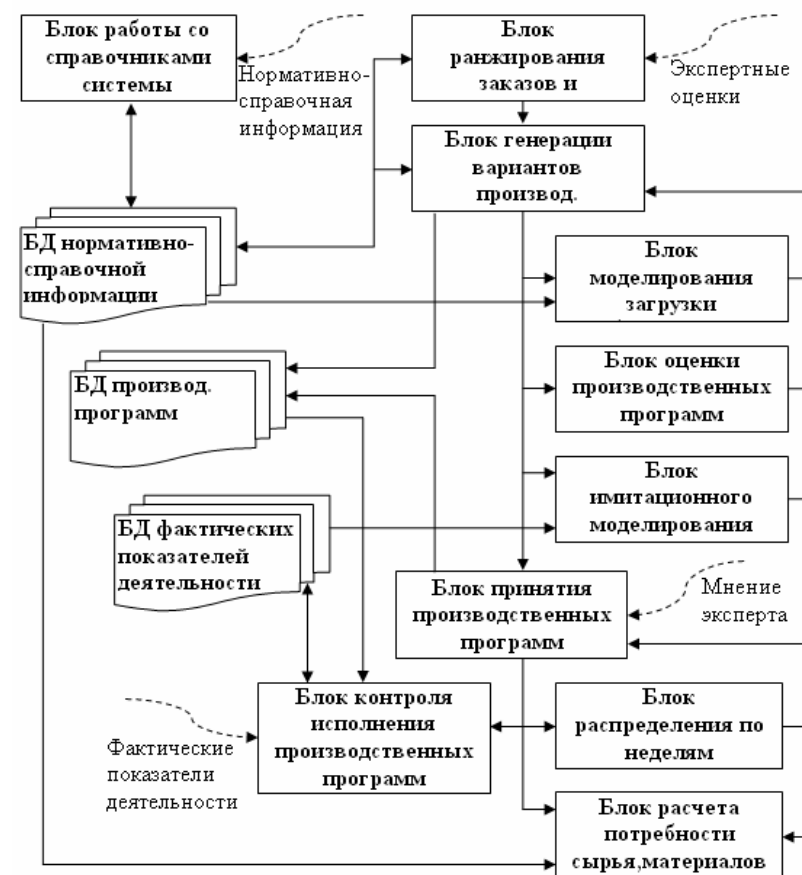


Рисунок 3. Блоки системы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона

Второй параграф описывает программную реализацию СППР в планировании производства сборного железобетона. Представлены схемы, алгоритмы работы и экранные формы, иллюстрирующие процесс работы СППР. Блоки системы поддержки принятия решений показаны на рисунке 3. Блок ранжирования заказов и заказчиков позволяет произвести ранжирование выбранных заказчиков или заказов на основании оценок экспертов по выбранным критериям.

Блок генерации альтернативных производственных программ представляет собой программный модуль для составления списка альтернативных планов по предложенным алгоритмам. Следует отметить, что формирование и принятие альтернативных производственных программ происходит в несколько итераций.

Блок моделирования реализации производственной программы предприятия реализует имитационную модель, описанную в первом параграфе третьей главы.

Блок моделирования загрузки оборудования предназначен для оценки предварительного плана на возможность реализации с использованием текущих производственных мощностей предприятия. Моделирование производственного процесса позволяет проанализировать возможности выполнения плана, выявить "узкие места" и неиспользованные возможности при загрузке оборудования.

Блок оценки производственных программ позволяет оценить альтернативные планы производства по выбранным критериям эффективности. Для анализа и выбора приемлемых вариантов производственных программ используется подход Парето и метод на основе выбора главного критерия.

В блоке принятия производственных программ осуществляется перенос альтернативной производственной программы в базу данных принятых планов. При этом следует учесть, что на один период в базе может содержаться только одна производственная программа. Также в данном блоке формируются производственные программы для арматурного и бетонно-смесительного цехов на основании плана производства железобетонных изделий в формовочном цехе и заказов на товарный бетон и товарную арматуру.

В системе имеются вспомогательные блоки распределения производственных программ по неделям и суткам, расчета требуемого сырья и материалов на производственную программу, работы со справочной информацией, контроля исполнения оперативных производственных программ предприятия и цехов.

В третьем параграфе представлен анализ эффективности внедрения СППР с использованием информационной модели предприятия построенной case-средством анализа информационных систем «BPWIN». Для этого использовались стандарты моделирования семейства IDEF.

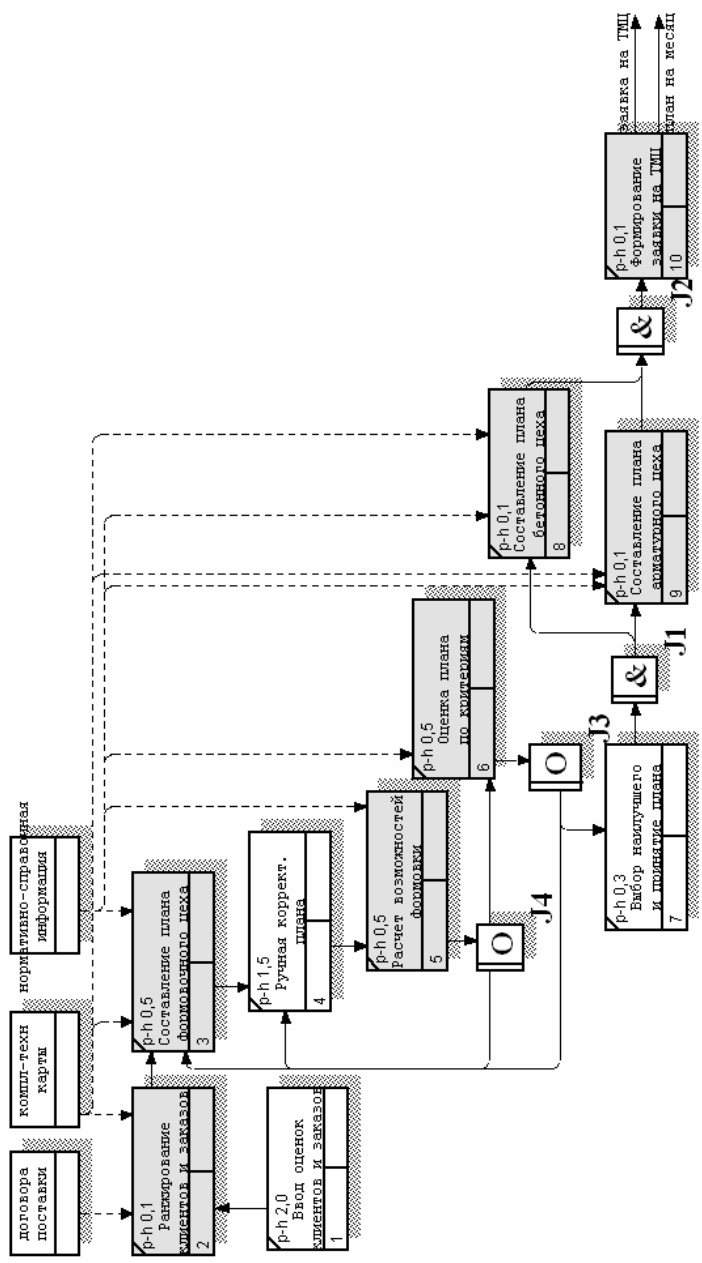
Построены информационные модели предприятия по производству сборного железобетона в рамках системы оперативного планирования производства. Декомпозиция процесса составления производственных программ на месяц с использованием разработанной СППР представлена на рисунке 4. При этом серым цветом выделены процессы выполняемые СППР без участия эксперта.

С использованием методики функционально-стоимостного анализа на основании реальных данных, определено, что при внедрении в оперативное планирование производства сборного железобетона СППР, разработанной автором, произошло снижение в 16 раз временных затрат при месячном планировании производства.

Также повысилась качество принимаемых решений, и увеличилась их объективность. Таким образом, обоснована целесообразность внедрения данной системы в процесс оперативного планирования производства строительных конструкций.

Использование СППР на предприятиях по производству сборного железобетона и реальных данных для оценки временных затрат на выполнение работ позволяет сделать вывод о работоспособности, адекватности и пригодности разработанных методов и алгоритмов, а также СППР для информационной поддержки оперативного планирования производства на предприятиях стройиндустрии, что подтверждается актами о внедрении.

**В заключении** изложены основные теоретические выводы исследования и практические результаты использования разработанных методов, алгоритмов в системы поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона.



А

Рисунок 4 – Декомпозиция процесса формирования производственных программ предприятия с использованием СППР

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В ходе проведенного исследования решены поставленные задачи и достигнуты следующие результаты:

1. Систематизированы средства и методы генерации и оценки решений с учетом специфики областей их применения.
2. Выделены основные направления информационной поддержки при оперативном планировании производства сборного железобетона.
3. Разработаны алгоритмы для формирования вариантов оперативных производственных программ предприятия по производству сборного железобетона.
4. Разработаны методы оценки оперативных производственных программ предприятия по производству сборного железобетона.
5. Разработана имитационная модель производственной системы для «проигрывания» реализации вариантов оперативных производственных программ предприятия по производству сборного железобетона с учетом поставки части номенклатурных позиций за счет запасов, а другой части по заказам покупателей.
6. Определена структура информационной системы и разработано программное обеспечение для поддержки принятия решений в оперативном планировании производства сборного железобетона, позволяющая не только генерировать варианты оперативных производственных программ, но и оценивать их по выбранным критериям, а также имитировать процесс их реализации.
7. Произведена апробация системы поддержки принятия решений в отделах предприятий алтайского края по производству сборного железобетона, подтверждающая результативность и эффективность ее использования на реальных объектах.

### **Основные результаты диссертации опубликованы в работах:**

1. Беспалова, Е.Э. Компьютерная поддержка планирования производства сборного железобетона // Вестник ААЭП / Ежегодный научный журнал. – Барнаул : ААЭП, 2003. – Вып.7. – С. 153-155.
2. Bepalova, E.E. Questions Of Making Decisions In Planning Manufacture Of Construction Designs In Conditions Of Indeterminacy / E.E. Bepalova, A.V. Astahova // Interactive Systems: The Problems of Human - Computer Interaction : proceedings of the International Conference. – Ulyanovsk : UISTU, 2003. – P. 134-137.

3. Беспалова, Е.Э. Использование современных информационных технологий в принятии управленческих решений на промышленных предприятиях // Молодежь-Барнаулу : материалы пятой городской научно-практической конференции молодых ученых. – Барнаул: Аз Бука, 2003. – С. 332-333.
4. Беспалова, Е.Э. Об одном подходе к планированию потребностей в материалах // Вестник ААЭП / Ежегодный научный журнал. – Барнаул : Изд-во ААЭП, 2004. – Вып. 8. – С. 156-158.
5. Беспалова, Е.Э. Современные инструментарию обеспечения процесса принятия решений // Управление социально-экономическими системами: теория и практика : материалы научно-практической конференции / под ред. А.И. Губаря. – Барнаул : Изд-во ААЭП, 2005. – С. 29-32.
6. Беспалова, Е.Э. Методы генерации решений в планировании производства // Измерение. Контроль. Информатизация : материалы шестой международной научно-технической конференции / под ред. О.И. Хомутова, Л.И. Сучковой. – Барнаул : Изд-во АГТУ, 2005. – С. 106-107.
7. Беспалова, Е.Э. Использование метода анализа иерархий в системе планирования производства // Наука. Технологии. Инновации : материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ми частях. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – Ч. 4. – С. 4-6.
8. Беспалова, Е.Э. Имитационное моделирование реализации производственных программ предприятия // Современные проблемы информатизации в прикладных задачах : сб. трудов / под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца. – Воронеж : Изд-во «Научная книга», 2006. – С. 8-9.
9. Беспалова, Е.Э. Поддержка принятия решений в планировании производства // Измерение. Контроль. Информатизация : материалы седьмой международной научно-технической конференции / под ред. О.И. Хомутова, Л.И. Сучковой. – Барнаул : АлтГТУ, 2006. – С. 207-209.
10. Беспалова, Е.Э. Системные вопросы поддержки принятия решений в планировании производства сборного железобетона // Ползуновский вестник. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006. – №4. – Ч. 2. – С. 184-188.
11. Беспалова, Е.Э. Имитация процессов реализации договоров поставки в рамках АРМ юриконсульта предприятия // Молодежь-Барнаулу : материалы научно-практической конференции. – Барнаул, 2007. – С. 112-114.
12. Система поддержки принятия решений в планировании производства (СППР): свидетельство Российского агентства по патентам и то-

варным знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ  
№ 2007610287 от 16 января 2007 г. / Е.Э. Беспалова.