

На правах рукописи

АХМЕДШИН Ильдар Тахирович

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ
НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
И СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВОВ ШИХТЫ**

**Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(в промышленности)**

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

Уфа–2009

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»
на кафедре автоматизированных систем управления

Научный руководитель д-р техн. наук, проф.
РЕЧКАЛОВ Александр Васильевич

Официальные оппоненты д-р техн. наук, проф.
ВЕРЁВКИН Александр Павлович

канд. техн. наук, доцент
ГОРЮХИН Александр Сергеевич

Ведущее предприятие ОАО «Уфимское моторостроитель-
ное производственное объедине-
ние»

Защита диссертации состоится «5» июня 2009 г. в 10 часов
на заседании диссертационного совета Д–212.288.03
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан «30» апреля 2009 г.

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

Миронов В.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Литейное производство характеризуется сложной производственной структурой, принципы управления отдельными элементами которой отличаются между собой. Производственный процесс в литейных цехах состоит из большого числа взаимосвязанных, но существенно отличающихся друг от друга операций. Разветвленность структуры управления литейным производством, разделение технологических операций в производстве и во времени, большая номенклатура отливок и исходных материалов порождают сложности оперативного планирования производства и его материального обеспечения.

Современные автоматизированные системы управления часто позволяют решить задачу оперативного планирования производства и планирования потребности в материальных ресурсах во многих отраслях. Применительно к литейному производству, решение этой задачи затруднено по следующим причинам:

- использование основных материалов в литейном производстве характеризуется многовариантностью, которая связана, во-первых, с допусками долей химических элементов в получаемых сплавах (в пределах 0,1–3% для различных сплавов), во-вторых, с множеством комбинаций исходных материалов, которыми может быть получен сплав требуемого состава и технических свойств (до 20–30 компонентов шихты). В связи с этим, определение составов исходных материалов при формировании производственного плана и плана потребности в материалах также многовариантно;

- на большинстве предприятий при планировании потребности в материалах используются нормативы, которые отражают усредненные величины расхода материалов. В то же время, фактическая величина перерабатываемых шихтовых материалов зависит от конкретного технологического процесса, специфики оборудования, параметров отливок, и в каждом случае может значительно отличаться от установленного нормативами. Это является предпосылкой для некорректного планирования и появления избыточных запасов или нехваток основных материалов;

- в процессе оперативного планирования производственно-диспетчерскими службами и службами снабжения предприятий не учитываются прогнозные величины запасов оборотных материалов, планируемых к поступлению в процессе выполнения плана, либо учитываются их усредненные величины. В условиях неравномерного производства это затрудняет прогнозирование величин запасов и расчет потребности в основных материалах;

- при планировании потребности и анализе обеспеченности плана производства материалами, как правило, не применяются научно-обоснованные методики оптимизации состава шихты. Современные методики оптимизации составов первичных и оборотных материалов основаны на известных математических моделях и различных программных решениях, в то время как в реальном литейном производстве примене-

ние результатов моделирования весьма ограничено по ряду технических и экономических причин. Основной причиной является отсутствие координации между оптимизационными расчетами и системой оперативного планирования и управления литейным производством.

Для идентификации связей между элементами литейного производства, отражения многовариантности протекания процессов и выявления их узких мест необходимо создание формализованного описания бизнес-процессов управления литейным производством и обеспечением материальными ресурсами в виде моделей бизнес-процессов. С учетом этого в работе описана методика моделирования и построена модель бизнес-процессов управления литейным производством.

С целью решения комплексной задачи оперативного управления литейным производством и устранения недостатков существующих систем оперативного планирования, в работе предложены модель оперативного планирования и управления литейным производством, модель планирования потребности в основных материалах, а также модель планирования закупок с возможностью оптимизации затрат. В качестве реализации разработанных моделей, в работе предложено программное решение по автоматизации планирования литейного производства в среде интегрированной системы управления предприятием.

В своей работе автор опирается на труды отечественных и зарубежных ученых, определивших методологические принципы исследования сложных социально-экономических объектов, это:

– в области организации и управления производством: Б.С. Балакшин, Б.Г. Ильясов, Г.Г. Куликов, А.В. Речкалов, И.Ю. Юсупов и др.;

– в области моделирования процессов управления предприятием: А.В. Шеер, Л.А. Исмагилова, Р.Г. Валеева и др.;

– в области решения задач методами математического программирования: Р. Беллман, Е.С. Вентцель, С. Дрейфус, Л.В. Канторович, Э.А. Мухачева и др.;

– в области оперативно-календарного планирования производства: П. Брукер, В.Л. Максвелл, Д.С. Джонсон, С.А. Думлер, С.А. Соколицын, В.С. Танаев, С.В. Севастьянов и др.;

– в области технических и экономических основ литейного производства: В.М. Шестопал, Я.А. Гольбин, А.В. Курдюмов и др.

Диссертация является результатом исследований, проводимых на кафедре АСУ УГАТУ по проблемам управления производством и внедрения интегрированных систем управления предприятием.

Целью диссертационной работы является разработка модели автоматизированного оперативного планирования и управления литейным производством и обеспечением основными материалами в среде интегрированной системы управления предприятием.

Для достижения цели работы поставлены и решены следующие **задачи исследования**:

1. Разработать модель оперативного планирования и управления литейным производством и планирования потребности в основных материалах с учетом прогнозных величин запасов оборотных материалов.

2. Разработать модель оперативного планирования закупок основных материалов литейного производства с использованием оптимизации составов шихтовых компонентов по совокупной стоимости.

3. Разработать программное решение, структуру системы управления и внедрить в производство автоматизированную систему оперативного планирования и управления литейным производством и закупками материалов.

Методы исследования. Полученные автором результаты базируются на теории организационного управления, методологии системного моделирования, методах оперативно-календарного планирования производства, методах управления литейным производством, методах математического программирования, разработках в области автоматизации управления производством и внедрения интегрированных систем управления предприятием.

На защиту выносятся:

1. Модель оперативного планирования и управления литейным производством и планирования потребности в основных материалах, основанная на построении производственного плана-графика и использовании прогнозных величин запасов оборотных материалов, образуемых от запланированных плавок.

2. Модель оперативного планирования закупок основных материалов литейного производства, основанная на модели оперативного планирования производства и потребности в основных материалах, анализе возможности обеспечения материалами и закупке наиболее оптимального по совокупной стоимости состава шихты.

3. Программное решение по реализации предлагаемых моделей и алгоритмов в среде ERP-системы, заключающееся в описании структуры системы управления, состава входных и выходных данных, определении настроек автоматизированной системы оперативного планирования производства и описании процедуры оперативного планирования и управления.

Научная новизна решения поставленных задач:

1. Научная новизна модели оперативного планирования и управления литейным производством и планирования потребности в основных материалах состоит в использовании прогнозных величин запасов оборотных материалов, образуемых от запланированных плавок, при расчете составов шихты и потребности в материалах.

2. Научная новизна модели оперативного планирования закупок материалов состоит в координации оптимизационных расчетов составов закупочной номенклатуры шихты с моделью формирования производственного плана-графика и плановой по-

требности в шихтовых компонентах, с целью прогнозирования минимальной совокупной стоимости закупки материалов.

3. Научная новизна программного решения по автоматизации оперативного планирования и управления литейным производством и закупками материалов состоит в использовании моделей по п.1,2 и отличается тем, что при решении поставленных задач модель автоматизации планирования и управления системы Vaan ERP дополнена новыми алгоритмами управления.

Практическую ценность работы составляют:

1. Методические материалы по оперативному планированию и управлению литейным производством, планированию потребности в основных материалах, позволяющие плано-экономическим, плано-диспетчерским службам предприятий отрасли формировать планы-графики запуска и выпуска изделий, а на их основе, службам снабжения формировать планы потребности в материалах в натуральных и стоимостных единицах.

2. Методические материалы по оперативному планированию закупок основных материалов, позволяющие осуществлять закупки, скоординированные с планом производства по срокам поставки, номенклатуре материалов и количеству, а также прогнозировать закупки с учетом оптимизации составов шихты по совокупной стоимости и выявлять резервы для сокращения затрат на материалы.

3. Программное решение по автоматизации оперативного планирования и управления литейным производством и закупками материалов в среде ERP-системы, а также методические материалы по настройке автоматизированной системы Vaan ERP и внедрению модели автоматизированного оперативного планирования и управления литейным производством и закупками основных материалов.

Внедрение результатов. Основные результаты диссертационной работы внедрены на ОАО «Балашихинский литейно-механический завод» и в учебном процессе УГАТУ.

Апробация работы. Положения диссертации и результаты исследований докладывались на международной конференции «Computer Science & Information Technology, CSIT 2005», г. Уфа, УГАТУ, 2005, на Международной научно-практической конференции «Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями», г. Москва, МЭСИ, 2005, на научной конференции с международным участием «Управление экономикой: методы, модели, технологии», г. Уфа, УГАТУ, 2006, на международной научно-практической конференции «Современная техника и технологии СТТ 2008», г. Томск, 2008.

Публикации. Список публикаций по теме диссертации содержит 9 работ, в том числе 1 статья в рецензируемом научном журнале из списка ВАК, 6 статей и материалов научно-практических конференций, 2 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка литературы, содержит 184 листа машинописного текста и включает 38 рисунков, 38 таблиц, 127 наименований использованных литературных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится общая характеристика работы: постановка проблемы исследований, актуальность проведенных исследований, определение цели исследования, характеристика новизны и практической значимости полученных результатов.

Первая глава посвящена проведению анализа состояния и проблем планирования потребности в шихтовых материалах и взаимосвязи с оперативным планированием литейного производства. Рассмотрены группы шихтовых материалов, которые могут сформировать конечный состав шихты, и дана характеристика каждой группы по источнику возникновения:

- первичные компоненты (первичные металлы и сплавы, лигатуры, 20-80% от массы шихты);
- возвратные (оборотные металлы), подразделяющиеся на возвратные отходы 1-го, 2-го и 3-го сортов (соответственно до 80%, 30%, 10% от массы шихты);
- предварительные (промежуточные) сплавы.

На основе классификации основных материалов показано, что для получения металла одного и того же состава и технических свойств могут быть использованы различные составы шихтовых компонентов. В первую очередь, такая многовариантность использования компонентов возникает за счёт комбинирования различных исходных металлов и сплавов.

В литейных производствах существуют ограничения, за счет которых данное множество вариантов составления исходной шихты значительно сужается, и которые подразделяются на следующие группы:

- технические ограничения;
- технологические ограничения;
- экономические ограничения.

Рассмотрены основные ограничения каждой из групп и их влияние на процессы составления шихты, планирования потребности в основных материалах и оперативного планирования литейного производства.

В процессе планирования потребности расчет объемных (натуральных) величин материалов осуществляется на основе нормативов расхода шихтовых материалов, принятых на предприятиях. В свою очередь, эти нормативы могут быть рассчитаны по одной из методик нормирования расхода, которые имеют существенные отличия между собой. Рассмотрены следующие методики нормирования расхода:

- методика нормирования расхода материалов на величину выпуска годного литья;
- методика нормирования расхода материалов на отливку;
- методика нормирования расхода материалов на массу сплава.

Рассмотрены особенности применения каждой из методик нормирования расхода материалов на предприятиях литейного производства, отмечены преимущества и недостатки использования каждой из методик применительно к планированию потребности в материалах и оперативному планированию литейного производства.

Отмечено, что при расчете величин расхода и потребности в материалах по одной из методик должно обеспечиваться соответствие параметрам технологического процесса. Одновременно с этим, методика расчета расхода и потребности в материалах должна позволять выбирать наиболее оптимальный с точки зрения затрат вариант шихтового состава.

Рассмотрены основные типы автоматизированных систем календарного планирования и планирования потребности в материалах, среди которых выделены системы пополнения запасов, проталкивающие системы, притягивающие системы. Описаны особенности оперативного планирования литейного производства в ERP-системах и выделены группы проблем, которые затрудняют решение этой задачи, а именно:

- организация нормирования основных и вспомогательных материалов для литейного производства, построение вертикальных и горизонтальных зависимостей спецификаций в ERP-системах;
- расчёт химических составов сплавов и их компонентов;
- учёт и планирование запасов оборотных материалов.

В связи с этим сделан вывод о том, что типовыми методами и средствами существующих систем задача оперативного планирования литейного производства и потребности в материалах решается не полностью.

На основе проведенного анализа в первой главе сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе рассматривается методика идентификации и моделирования бизнес-процессов для построения модели управления литейным производством, а также вопросы построения оперативного плана-графика производства отливок.

За основу методики выделения бизнес-процессов взят подход «ресурс-процесс». В связи с тем, что производственные процессы являются основой формируемых бизнес-процессов, данный подход предполагает идентификацию процесса как некоего целенаправленного действия над ресурсом. Процесс рассматривается как определённая стадия жизненного цикла ресурса. Таким образом, процессы нижнего уровня промышленного предприятия представляют собой пересечение множества ресурсов предприятия с множеством типовых стадий жизненного цикла ресурсов.

В системе управления производственным предприятием выделяется отдельно множество процессов управления. Принцип выделения процессов управления строит-

ся на основе совокупности функций управления: планирование, организация, учет, контроль, анализ. Каждая из функций управления бизнес-процесса в свою очередь реализуется одним или несколькими бизнес-процессами управления.

Детализация описания процессов строится по принципу «декомпозиция-композиция». Процессы первого уровня представляются как укрупненные процессы самого верхнего уровня. Процессы второго уровня представляют собой также процессы верхнего уровня, но с некоторой детализацией для описания системы управления и исполнения определенного процесса первого уровня. Процессы третьего уровня отражают агрегированные процедуры исполнения, полный цикл преобразования ресурса и управления этим процессом. Процессы четвертого уровня представляют собой далее неделимые операции над ресурсами; применительно к описанию литейного предприятия – это технологические операции и операции по оформлению документации.

Выполняется выбор средства моделирования для реализации описанной методики построения модели управления литейным производством. По результатам анализа существующих средств моделирования выбрана среда моделирования ARIS. Определен состав объектов и набор диаграмм для описания структуры процессов, основными из которых являются: VAD (Value-added chain diagram) и eEPC (Extended event driven process chain diagram).

На основе выбранной методики моделирования построена модель бизнес-процессов литейного производства, в составе которой описана структура формирования производственного плана.

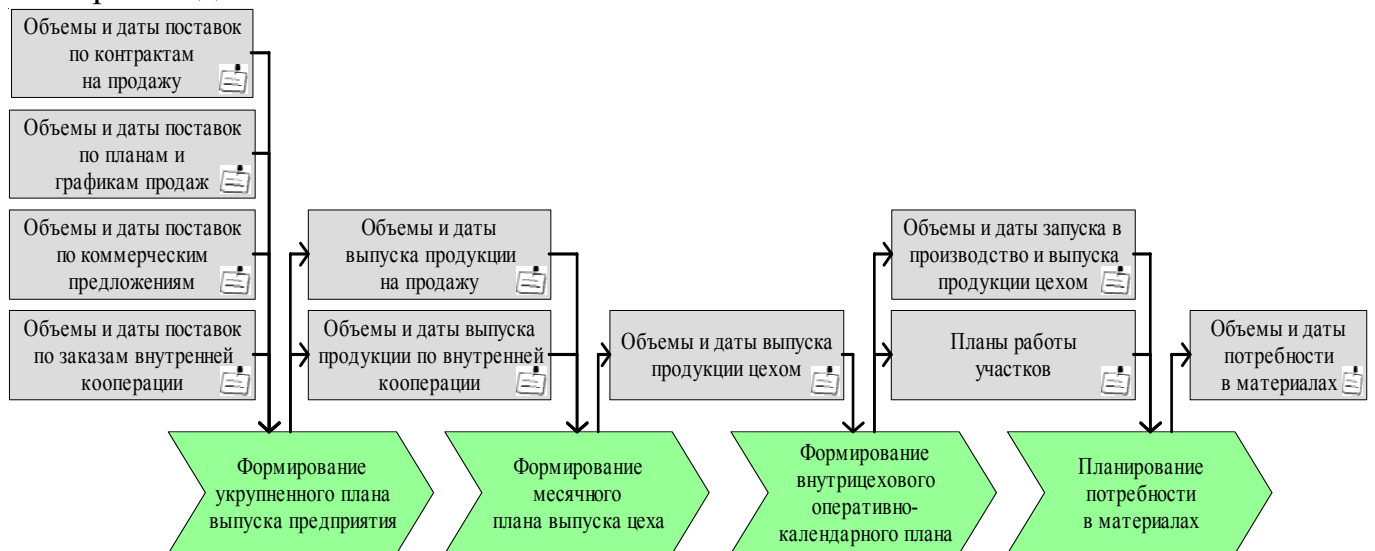


Рисунок 1 – Структура формирования производственного плана

Согласно данной структуре, исходной информацией для формирования плана потребности в материалах являются планы самого нижнего уровня – графики запуска и выпуска, расписания плавок. На более детальном уровне, построение оперативного производственного плана осуществлено в три этапа:

1. Рассмотрение взаимосвязи расписания плавки и планирования потребности в материалах.

2. Построение плана-графика выпуска отливок, распределение отливок по плавкам и определение размеров партий.

3. Построение графика запуска отливок в производство и координация его с планом потребности в основных материалах.

На первом этапе рассматривается структура суммарной потребности в материалах в плановом периоде. На основе этой структуры делается вывод о том, что величина суммарной потребности зависит от величин потребности на каждую смену, которые, в свою очередь, складываются из потребностей в сплаве и материалах на каждую плавку.

На втором этапе осуществляется определение размеров производственных партий с учетом масс расхода сплава на отливку, минимальной и максимальной загрузки плавильной печи, безвозвратных потерь в процессе приготовления сплава. Определяется количество отливок одной или нескольких номенклатурных позиций, которое может быть залито в формы за одну плавку. Для определения суммарной потребности в материалах на плановый период с разнесением по плавкам и датам, предлагается сформировать расписание плавки через распределение всей запланированной номенклатуры отливок по плавкам, используя приоритеты отливок по датам выпуска.

Процесс распределения отливок по плавкам можно разделить на несколько последовательных стадий:

1) Отыскивается партия некоторой номенклатурной позиции, дата поставки которой является наиболее поздней по отношению к датам поставки всех остальных партий по всей номенклатуре изделий. Последовательно проверяется $t_{\Pi p_{n1}} > t_{\Pi p_{(n-1)m_n}}$ или отыскивается $t_{\Pi p_n} = \max(t_{\Pi p_n m_n})$, где $t_{\Pi p_{n1}}$ – последняя из допустимых дата поставки партии p_{n1} номенклатурной позиции n , $t_{\Pi p_{(n-1)m_n}}$ – последняя из допустимых дата поставки партии $p_{(n-1)m_n}$ номенклатурной позиции $n-1$, m_n – число поставочных партий номенклатурной позиции n , p_{nm_n} – номер партии номенклатурной позиции n , n – число номенклатурных позиций по одному сплаву. Единица номенклатурной позиции n данной партии p_{n1} имеет потребность в сплаве на отливку, равную M_n . Объем поставочной партии этой номенклатурной позиции на дату $t_{\Pi p_{n1}}$ составляет $K_{np_1 t_1}$ штук.

2) Далее, масса сплава на отливку сравнивается с минимальной массой загрузки печи Π_l . Если значение массы сплава на отливку превышает значение минимальной загрузки печи, $G_n \geq G_{\Pi_l \min}$, то далее проверяется, не превышает ли это значение максимальную загрузку печи Π_l : $G_n \leq G_{\Pi_l \max}$. В случае если массы сплава на отливку G_n меньше значения минимальной загрузки печи $G_n < G_{\Pi_l \min}$, либо выполняется условие $G_{\Pi_l \min} \leq G_n \leq G_{\Pi_l \max}$, то необходимо приступить к следующему шагу. 3) К массе спла-

ва рассматриваемой отливки в условную печь Π_1 добавляется масса сплава следующего экземпляра из данной поставочной партии p_{n1} , после этого процедура проверки неравенства повторяется: $G_{\Pi_1 \min} \leq G_n + G_n \leq G_{\Pi_1 \max}$. Если данное условие выполняется и для двух отливок, то к данной сумме величин сплавов на отливку прибавляется следующая величина массы сплава из данной партии, и вновь проверяется неравенство. Расчет продолжается итеративно до тех пор, пока масса сплава на отливки, распределенные в данную плавку, не превысит массу максимальной загрузки печи $G_{\Pi_1 \max}$, то есть, пока не выполнится условие: $(K_{n\Pi_1} + 1) * G_n > G_{\Pi_1 \max}$, где $K_{n\Pi_1}$ – размер производственной партии рассматриваемой плавки. 4) После того, как выполнилось условие $(K_{n\Pi_1} + 1) * G_n > G_{\Pi_1 \max}$, печи Π_1 ставится в соответствие $K_{n\Pi_1}$ штук литых заготовок и суммарная масса сплава на отливки; они закрепляются за данной условной печью и в дальнейшем в распределении не участвуют. На данной стадии расчётов принимается, что плановая потребность в сплаве для приготовления в печи Π_1 равна $G_{\Pi_1 \Pi_1} = K_{n\Pi_1} * G_n$. 5) Дальнейшее распределение масс сплава литых заготовок осуществляется по описанному алгоритму для печи Π_2 с $(K_{n\Pi_1} + 1)$ -й заготовки партии p_{n1} . После того, как будет проведена проверка неравенств для печи Π_2 , при достижении условия $(K_{n\Pi_2} + 1) * G_n > G_{\Pi_2 \max}$, где $K_{n\Pi_2}$ – количество отливок n , распределенных в условную печь Π_2 , ему также ставится в соответствие величина расхода сплава на отливки из данной поставочной партии p_{n1} номенклатурной позиции n , которое равно $K_{n\Pi_2}$ штук. Величина потребности в сплаве для двух условных печей равна $G_{\Pi_1 (\Pi_1 + \Pi_2)} = K_{n\Pi_1} * G_n + K_{n\Pi_2} * G_n$. 6) Распределение партии p_{n1} номенклатурной позиции n по печам осуществляется до тех пор, пока не будет исчерпан размер всей партии, т.е. выполнится условие: $K_{n\Pi_1} + K_{n\Pi_2} + \dots + K_{n\Pi_i} = K_{np_1}$, где $K_{n\Pi_i}$ – количество распределённых отливок номенклатурной позиции n в печи Π_i , шт., K_{np_1} – объём плановой партии p_{n1} , шт.

Процесс планового распределения отливок по плавкам продолжается до тех пор, пока не будут распределены все запланированные партии всех номенклатурных наименований. После того, как за условной печью закрепляется последний экземпляр отливки из партии, которая имеет наиболее раннюю дату выпуска, процесс распределения отливок данной марки сплава заканчивается. Далее описанный алгоритм последовательно применяется для номенклатуры отливок, изготавливаемых из других сплавов.

В результате, выходными данными описанного этапа являются:

1. Число плавков, каждой из которых поставлено в соответствие определенное количество отливок, запланированных к производству.

2. Величины потребностей в сплаве для каждой плавки, рассчитываемые как суммы масс расхода сплава на отливки, распределенные на плавку, с учетом безвозвратных потерь.

3. Плановые даты поставок отливок (максимально допустимые поздние даты поставки). Для печей, в которые распределены литые заготовки одной номенклатурной позиции, дата выпуска будет соответствовать плановой дате выпуска литой заготовки. Для тех печей, в которые распределены отливки разных номенклатурных наименований по данному сплаву, за последнюю из допустимых дату выпуска принимается самая ранняя дата выпуска одной из отливок, закреплённых за печью.

План-график запуска отливок в производство строится на основе результатов построения плана-графика выпуска, распределения отливок по плавкам и длительностей циклов производства отливок. Определяются даты начала и окончания технологических операций, в том числе операций дозирования шихты и плавки, которые соответствуют датам потребности в основных материалах.

В третьей главе рассматривается модель планирования потребности и модель закупок основных материалов литейного производства.

На основе выходных данных, полученных при построении графиков запуска и выпуска отливок в производства, описывается плановая величина запаса каждого компонента шихты k_i на цеховом складе на момент времени τ_{Π_j} для одного сплава

$$I_{k_i}(\tau_{\Pi_j}) = I_{k_i}(\tau_{\Pi_{j-1}}) - g_{k_i}^{\Pi_{j-1}} + P_{k_i}(\tau_{\Pi_j}),$$

где $I_{k_i}(\tau_{\Pi_j})$ – планируемый запас первичного компонента k_i на цеховом складе на момент времени τ_{Π_j} , кг, τ_{Π_j} – момент времени списания и выдачи компонентов шихты с цехового склада на участок плавки для дозирования в печи Π_j , $I_{k_i}(\tau_{\Pi_{j-1}})$ – планируемый запас первичного компонента k_i на цеховом складе на момент времени $\tau_{\Pi_{j-1}}$, кг, $\tau_{\Pi_{j-1}}$ – момент времени списания и выдачи компонентов шихты с цехового склада материалов для предыдущей по плану-графику плавки в печи Π_{j-1} , $g_{k_i}^{\Pi_{j-1}}$ – масса первичного компонента k_i , планируемого к выдаче с цехового склада для плавки в печи Π_{j-1} , кг, $P_{k_i}(\tau_{\Pi_j})$ – объём планируемой к поступлению на склад закупочной партии компонента k_i в интервале времени с $\tau_{\Pi_{j-1}}$ до момента времени τ_{Π_j} , кг.

Состояние прогнозных величин запасов оборотных материалов на цеховом складе на момент времени τ_{Π_j} отражается выражением

$$I_{ВСП}(\tau_{П_j}) = I_{ВСП}(\tau_{П_{j-1}}) - g_{ВСП}^{П_{j-1}} + g_{ВСП}^{П_j} + g_{ВСП(Бр)}^{П_j},$$

где $I_{ВСП}(\tau_{П_j})$ – прогнозируемая величина запасов возвратов собственного производства на цеховом складе на момент выдачи материалов $\tau_{П_j}$ для плавки в печи $П_j$, кг, $g_{ВСП}^{П_{j-1}}$ – количество оборотных материалов, планируемых к выдаче со склада для плавки в печи $П_{j-1}$ в момент времени $\tau_{П_{j-1}}$, кг, $g_{ВСП}^{П_j}$ – количество оборотных материалов, планируемых к поступлению на склад основных материалов цеха, в интервале времени с $\tau_{П_{j-1}}$ до $\tau_{П_j}$, кг, $g_{ВСП(Бр)}^{П_j}$ – масса возвратов собственного производства, планируемых к поступлению в запас, в интервале времени с $\tau_{П_{j-1}}$ до $\tau_{П_j}$ по результатам резки бракованных отливок от предыдущих плавки, кг.

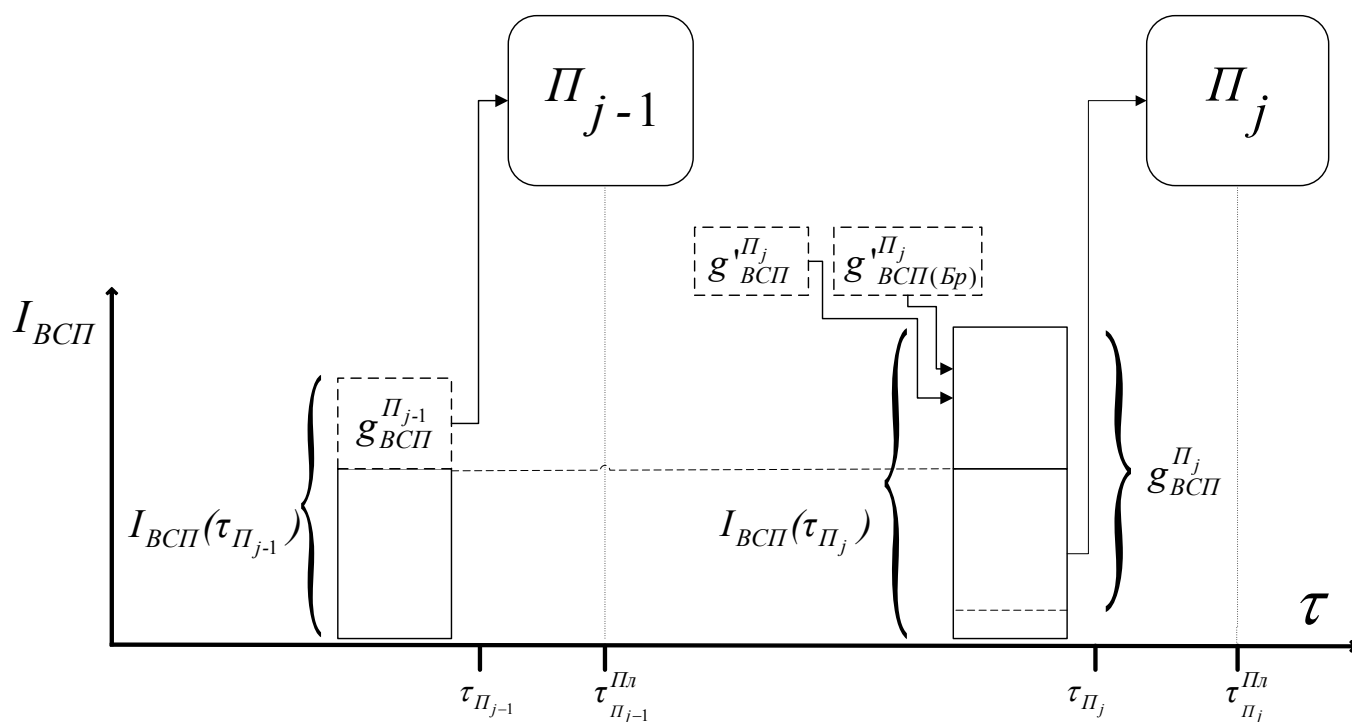


Рисунок 2 – Прогнозное состояние запасов оборотных материалов

Количество отходов, планируемых к получению после отрезки литниково-питающей системы отливок в интервале времени с $\tau_{П_{j-1}}$ до $\tau_{П_j}$, без учета массы стружки и потерь при отрезке может быть вычислено как

$$g_{ВСП}^{П_j} = \sum_{n=1}^w K_n^{П_j} (M_{чн} - M_{сдн}),$$

где $K_n^{П_j}$ – количество отливок номенклатурного наименования n , прошедших операцию обрубки в интервале времени с $\tau_{П_{j-1}}$ до $\tau_{П_j}$, которое рассчитывается на основе длительностей циклов получения возвратных отходов, $M_{чн}$ – черновой вес номенкла-

турной позиции n (вес с литниково-питающей системой), кг, M_{CDn} – сдаточный вес номенклатурной позиции n , кг, w – число различных номенклатурных наименований по одному сплаву, прошедших операцию обрубки в интервале времени с $\tau_{\Pi_{j-1}}$ до τ_{Π_j} .

Количество возвратов собственного производства, планируемых к получению из брака, вычисляется как сумма сдаточных весов отливок:

$$g'_{BC\Pi(Bp)}^{\Pi_j} = \sum_{n=1}^q K_{Bp n} M_{Bp n} = \sum_{n=1}^q K_{Bp n} M_{CDn},$$

где $K_{Bp n}$ – планируемое число бракованных отливок номенклатурного наименования n в интервале времени с $\tau_{\Pi_{j-1}}$ до τ_{Π_j} , q – число номенклатурных наименований, по которым планируется брак.

Величина $K_{Bp n}$ рассчитывается из нормативных лимитов потерь, отражающих постоянную величину процента брака по каждой номенклатурной позиции. На основе этих нормативов рассчитывается плановое число бракованных отливок по каждому наименованию и пропорционально распределяется между плавками, из которых планируется выпуск этого наименования.

На основе прогнозных величин запасов первичных и оборотных материалов рассчитывается плановый расход шихтовых материалов для каждой плавки, оптимизированный по совокупной стоимости, через решение системы уравнений линейного программирования:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{N'_{\Pi_j}} E_{\lambda}^{k_i} * x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) \geq E_{\lambda}^{ниж}, \\ \sum_{i=1}^{N'_{\Pi_j}} E_{\lambda}^{k_i} * x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) \leq E_{\lambda}^{верх}, \\ x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) \geq y_{k_i}^{ниж}, \\ x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) \leq y_{k_i}^{верх}, \\ x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) * G_{\Pi_l \Pi_j} \leq I_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}), \\ \sum_{i=1}^{N'_{\Pi_j}} x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) K_{E_{\lambda}}^{C_i} = 1, \\ \sum_{i=1}^{N'_{\Pi_j}} p_{k_i}' * x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j}) \rightarrow \min, \end{array} \right.$$

где $x_{k_i}'(\tau_{\Pi_j})$ – искомая доля компонента k_i в шихте для момента времени τ_{Π_j} , $E_{\lambda}^{ниж}$ и $E_{\lambda}^{верх}$ – нижнее и верхнее допустимое содержание элемента E_{λ} в шихте, $E_{\lambda}^{k_i}$ – содер-

жание элемента E_λ в компоненте шихты k_i' , $y_{k_i'}^{ниж}$ – нижнее допустимое содержание компонента k_i' в сплаве, $y_{k_i'}^{верх}$ – верхнее допустимое содержание компонента k_i' в сплаве, $K_{E_\lambda}^{C_i}$ – коэффициент усвоения элемента E_λ из компонента k_i' , $N_{П_j}'$ – количество компонентов шихты с ненулевым запасом на складе в момент времени $\tau_{П_j}$, $M_{П_лП_j}$ – величина потребности в сплаве для печи $П_j$, определенная на стадии распределения отливок по плавкам, p_{k_i}' – текущая стоимость компонента шихты k_i' .

На основе данных по расчету планового расхода материалов, вычисляется плановая потребность в материалах на плавку

$$D_{k_i}(\tau_{П_j}) = x_{k_i}(\tau_{П_j}) * G_{П_лП_j} - I_{k_i}(\tau_{П_j}),$$

а также на смену

$$D_{k_i}^{Смен}(dd.mm) = \sum_{q=1}^L D_{k_i}^{Спл q}.$$

Предлагается модель закупок шихтовых материалов, основанная на расчетах плановой потребности в материалах с учетом оптимизации их состава, и учитывающая ограничения и факторы закупки первичных компонентов: возможность закупки, приоритет закупки материалов.

В четвертой главе рассматривается программная реализация автоматизированной системы оперативного планирования и управления литейным производством на базе программного комплекса системы Vaan ERP.

На основе ранее построенных моделей разработана структура системы оперативного планирования и управления литейным производством. Описаны существующие модели планирования, включенные в функционал системы Vaan ERP. В качестве модели автоматизированного планирования литейного производства и потребности в шихтовых материалах выбрана комбинация основного и позаказного планирования.

Приведен подробный состав входных данных, а именно: общих данных отливок, сплавов, шихтовых материалов; пооперационных, агрегированных технологических маршрутов; спецификаций изделий и норм расхода материалов и сплавов, и принципы их формирования в системе; данных плановых единиц отливок, сплавов и материалов; данных по заказу изделий; настройки сценариев планирования; настроек календарей; структуры рабочих центров и принципов их идентификации; производственных заданий. Также описан состав выходных данных подсистемы планирования Vaan ERP: основной план изделий (MPS), запланированные MRP-заказы, план загрузки мощностей/трудоемкости, сигналы Vaan ERP.

Предложена последовательность процедур автоматизированного оперативного планирования литейного производства и потребности в материалах, а также учета литейного производства в среде системы Vaan ERP.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе решена задача, имеющая народнохозяйственное значение в области автоматизации управления литейным производством. Решение задачи заключается в разработке модели автоматизированного оперативного планирования и управления литейным производством и обеспечением основными материалами в среде интегрированной системы управления предприятием. При решении задачи получены следующие результаты:

1. Для описания структуры и взаимосвязи процессов на основе метода «ресурс-процесс» разработана модель бизнес-процессов предприятия, содержащая 4 уровня иерархии процессов, 304 диаграммы, 4274 объекта модели в нотации системы ARIS. На основе модели бизнес-процессов проанализированы информационные взаимосвязи подсистемы планирования потребности в материалах с производственными планами других уровней, определена структура потребности в материалах литейного производства. Описан алгоритм определения размеров производственных партий с учетом ограничений пропускной способности печей и весов отливок. Построена модель формирования плана-графика запуска и выпуска отливок на основе приоритета выпуска отливок по дате поставки и длительностей технологических циклов изготовления. Разработана модель планирования суммарной потребности в шихтовых материалах на основе оперативного плана-графика производства, прогнозных величин запасов первичных и оборотных материалов и агрегирования потребностей нижних уровней.

2. На основе анализа существующих методик нормирования расхода основных материалов литейного производства, выбрана методика нормирования расхода на единицу массы сплава. Приведено обоснование применения метода линейного программирования как метода расчета и оптимизации расхода шихты по совокупной стоимости на единицу массы сплава. На основе модели формирования потребности в материалах, разработана модель закупок основных материалов, в которой осуществлена координация оптимизационных расчетов состава закупочной номенклатуры с производственным планом, с учетом технических, технологических ограничений и ограничений системы снабжения. На основе прогнозных оценок номенклатурного состава закупок выявлены резервы по сокращению затрат на основные материалы в пределах 7–8%, что составило 1239967 рублей для месячного производственного плана.

3. Разработаны структура системы управления и программное решение по автоматизации оперативного планирования литейного производства в ERP-системе. Определен состав входных данных и базовых настроек автоматизированной системы, позволяющий реализовывать построенные модели оперативного планирования литейного производства. Описан состав выходных данных автоматизированной системы: основной план выпуска, план производства литейных цехов и участков, план потребности в материалах, план загрузки мощностей. Расчет составов шихты, оптимизированных по совокупной стоимости, реализован во внешнем приложении; результаты рас-

четов интегрированы с системой Vaan ERP посредством автоматизированного обмена данными. Приведена последовательность процедур автоматизированного планирования и учета производства в системе Vaan ERP, позволяющая реализовывать построенные модели на предприятиях отрасли.

ПУБЛИКАЦИИ, ОТРАЖАЮЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В рецензируемых журналах из перечня ВАК

1. Подход к построению структуры управления бизнес-процессами предприятия / А.В. Речкалов, И.Т. Ахмедшин, Д.А. Ерофеев // Вестник УГАТУ: науч. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. Сер. Управление, информатика и выч. техника. 2007. Т. 9, № 4 (22). С. 48–56.

В других изданиях

1. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2005610942. IDEF – Business Process Model Navigator (Business Navigator). / И.Т.Ахмедшин [и др.]. М. : Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005.
2. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2005611027. BPMN_XLibrary. / И.Т.Ахмедшин [и др.]. М. : Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2005.
3. Методика формирования организационно-функциональной модели предприятия / Г.Г. Куликов, И.Т. Ахмедшин, Ф.Р. Хабибуллин // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями : междунар. науч.-практ. конф. М. : МЭСИ, 2005. С. 188–191.
4. Методика формирования функциональной модели предприятия / И.Т. Ахмедшин, В.Г. Куликова, Ф.Р. Хабибуллин // Труды VII международной конференции по компьютерным наукам и информационным технологиям CSIT'2005. Уфа: УГАТУ, 2005. Т. 2. С. 184–187. (На англ. яз.)
5. Подход к моделированию системы управления предприятием с использованием инструментария ARIS на примере нефтяного холдинга / И.Т. Ахмедшин, А.К. Муратов // Управление экономикой: методы, модели, технологии : матер. шестой Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Уфа : УГАТУ, 2006. С. 256–260.
6. Нормирование шихтовых материалов для производства отливок из алюминиевых сплавов / И.Т. Ахмедшин // Современные техника и технологии СТТ 2007 : тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск : ТПУ, 2007. Т. 1. С. 270–272.
7. Автоматизация учёта шихтовых материалов для производства отливок из алюминиевых сплавов в системе Vaan ERP / И.Т. Ахмедшин // Там же. С. 273–275.

8. Проблемы автоматизации учета и планирования литейного производства в ERP-системах / А.В. Речкалов, И.Т. Ахмедшин // Современные техника и технологии СТТ 2008 : тр. XIV Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск : ТПУ, 2008. Т. 1. С. 238–240.

Соискатель

И. Т. Ахмедшин

Ахмедшин Ильдар Тахирович

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
И УПРАВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ
НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВОВ ШИХТЫ

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 29.04.2009 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Таймс.
Усл. печ.л.1,0. Усл. кр.-отг. 1,0. Уч.-изд.л. 0,9.
Тираж 100 экз. Заказ № 162.

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