

УДК 65.011.56; 669-1

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА МНОГОАЛЬТЕРАТИВНОСТИ И СВЯЗИ С ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМИ ПОДСИСТЕМАМИ

**М.А. Цуканов**

*СТИ НИТУ «МИСУС»*

Россия, 309516, Белгородская обл., Старый Оскол, м-н Макаренко, 42

E-mail: [tsukanov\\_m\\_a@mail.ru](mailto:tsukanov_m_a@mail.ru)

**О.А. Коврижных**

*СТИ НИТУ «МИСУС»*

Россия, 309516, Белгородская обл., Старый Оскол, м-н Макаренко, 42

E-mail: [kovroles@mail.ru](mailto:kovroles@mail.ru)

**Ключевые слова:** технологическая координация, диспетчирование, планирование, оптимизация, мультиагентные системы.

**Аннотация:** В статье рассматриваются проблемы оперативного управления и планирования производством. Авторами проведена декомпозиция исходной задачи координации на ряд взаимосвязанных подзадач с последующей интеграцией получаемых решений. В статье рассмотрена концепция распределенной мультиагентной системы (МАС) применительно к проектированию системы оперативного управления и диспетчирования производства во взаимосвязи с подсистемами ремонта и складского хозяйства. В результате реализации предлагаемого мультиагентного подхода к управлению производством и обеспечивающими подсистемами будет повышена адаптивность системы к текущим изменениям и получено преимущество в оперативности и адекватности принимаемых решений, что позволит повысить качество выявления нарушений в ходе реализации производственной программы и более эффективно реализовать построение и корректировку расписания.

## 1. Введение

В настоящее время каждое производственное предприятие заинтересовано вопросом рационального использования ресурсов для увеличения прибыли в условиях рыночной конкуренции. Снижение расходов энергии, уменьшение количества времени на выполнение каждой операции, увеличение производительности отдельных участков за счет оптимального времени перенастройки технологических агрегатов и качественное выполнение производственного плана позволяют достичь поставленную цель. Однако,

решение данной задачи зачастую не является тривиальным, поскольку каждая производственная цепочка отличается сложной структурой, нелинейностью процессов и особыми условиями и ограничениями при подготовке продукции.

## **2. Проблема оперативного управления и планирования**

Оперативное управление (ОУ) реализации производственных планов осуществляется на основе технологической координации (ТК), которая координирует работу технологического оборудования и транспорта, движение материальных потоков в случае отклонений от начального плана. Металлургическое предприятие является характерным примером сложноструктурированного производства [1], трудность задачи ОУ и ТК которого представлена перекрестными схемами транспортно-технологических потоков, большим количеством вариантов технологических маршрутов.

В таких условиях актуальной задачей является составление и корректировка производственного расписания.

## **3. Декомпозиция задачи оперативного управления**

Главной задачей систем оперативного управления и технологической координации производства является составление согласованных планов цехов предприятия и обеспечение их выполнения. Посредством составления расписания возможно решение задач диспетчирования производства, мониторинга нарушения плана и разработки корректирующих мероприятий при его нарушении.

Нами предлагается декомпозиция исходной задачи координации на ряд взаимосвязанных подзадач с последующей интеграцией получаемых решений.

Концептуальный подход к решению задачи ОУ и ТК сложного производства предполагает:

- построение оптимального производственного расписания с учетом фактических ограничений производства.
- проверку производственного расписания на реализуемость в зависимости от текущего состояния производства.
- анализ «узких мест» составленного производственного расписания и формирование рекомендаций по их устранению.

## **4. Мультиагентные технологии в планировании и оперативном управлении**

Для решения задачи оперативного управления и технологической координации актуально использование мультиагентных систем (МАС) [2].

Система оперативного управления с точки зрения системы поддержки принятия решений рассматривается как распределенная организационно-техническая система с характерным разделением этапов производства заказа на отдельные технологические агрегаты, представляющая собой модель производственных звеньев, функционирующую по алгоритмам оптимизации составления производственных расписаний на основе методов искусственного интеллекта и имитационного моделирования (рис. 1).

Блок принятия решений концептуальной схемы представлен агентом-оптимизатором и агентом-супервизором, блок анализа проблем – агентом-реализатором, имитационная модель производства – агентами-исполнителями.

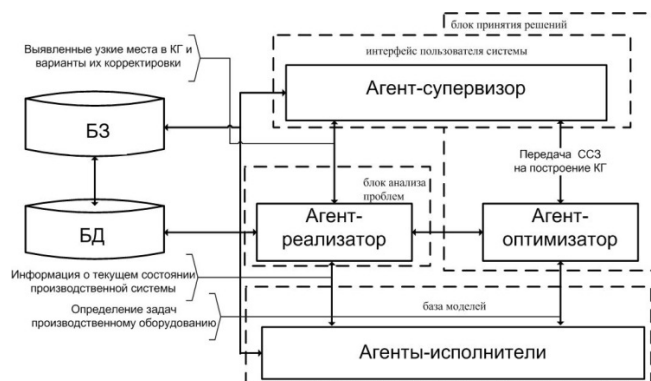


Рис. 1. Структура МАС ОУ и ТК.

Агент-супервизор – интерфейсный агент, решающий задачу взаимодействия агентов МАС и связи с пользователем. Он выдает плановое расписание, отчет по анализу «узких мест» и варианты их корректировки, формирует задания нижестоящим агентам МАС на обработку производственных заказов в соответствии с принятым к реализации расписанием. Агент-оптимизатор – гибридный агент, в задачу которого входит построение оптимального расписания на основе правил и ограничений производства. Агент-реализатор – гибридный агент, который осуществляет проверку сформированного расписания на реализуемость.

Агент-исполнитель – партнерский агент, задачей которого является слежение за работой конкретного технологического агрегата, входящего в реализуемый технологический маршрут.

## 5. Принципы реализации многоальтернативного агента

Как правило, структура и алгоритм принятия решений каждого агента определяется проектировщиком на начальном этапе проектирования системы. В случае, если рассматриваемые подходы и методы тестировались на реальных производственных данных за определенный временной промежуток, нет гарантии сохранения оптимального результата в ходе реализации алгоритма в ходе технологического процесса в целом.

Для компенсации недостатка такого рода предлагается рассмотреть многоальтернативную структуру агента (рис. 2).

Основные принципы многоальтернативности рассмотрены в работе [3].

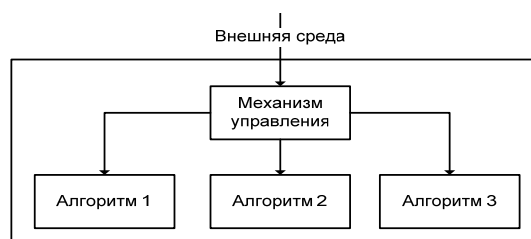


Рис. 2. Структура многоальтернативного агента.

При такой реализации агента в конкретный момент времени для принятия решения могут быть использованы альтернативные подходы. Механизм управления агента выбирает алгоритм работы в зависимости от текущего состояния производственной системы.

Актуальной задачей для агентов такого рода является разработка системы правил для выбора алгоритма в зависимости от текущей производственной ситуации. В качестве таких ситуаций в системе оперативного управления и технологической координации производства могут выступать смена режима объекта управления в ручного на автоматический и необходимости корректировки исполняемого расписания в реальном времени.

Рассматривая структуру МАС ОУ и ТК целесообразно рассмотреть многоальтернативные реализации агентов-исполнителей и агента-оптимизатора.

В процессе решения задачи мониторинга состояния производственных агрегатов агентами-исполнителями предлагается рассмотреть две альтернативные методики в зависимости от режима управления этими объектами. В случае автоматического характера управления предлагается рассматривать агрегативный подход Бусленко[4], а в случае ручного или полуавтоматического – нечеткую логическую модель.

Для составления реализуемого расписания агентом-оптимизатором целесообразно использовать иммунный алгоритм клональной селекции [5]. Но при его корректировке стоит рассмотреть альтернативные варианты. Перспективным инструментом для решения такой задачи представляется адаптация фрактальных вычислений, например фрактала Кантора.

## **6. Повышение эффективности системы планирования на основе связи с планированием ремонтов и складского хозяйства**

В рамках описываемой системы существует необходимость одновременного решения трех тесно взаимосвязанных друг с другом задач:

1. Планирования и технологической координации производства;
2. Планирования и мониторинга ремонтов;
3. Оптимизации загрузки-разгрузки складов готовой продукции и производственных ресурсов.

Рассмотрим концепцию распределенной мультиагентной системы (МАС) применительно к проектированию системы оперативного управления и диспетчирования производства во взаимосвязи с подсистемами ремонта и складского хозяйства (рис. 3).

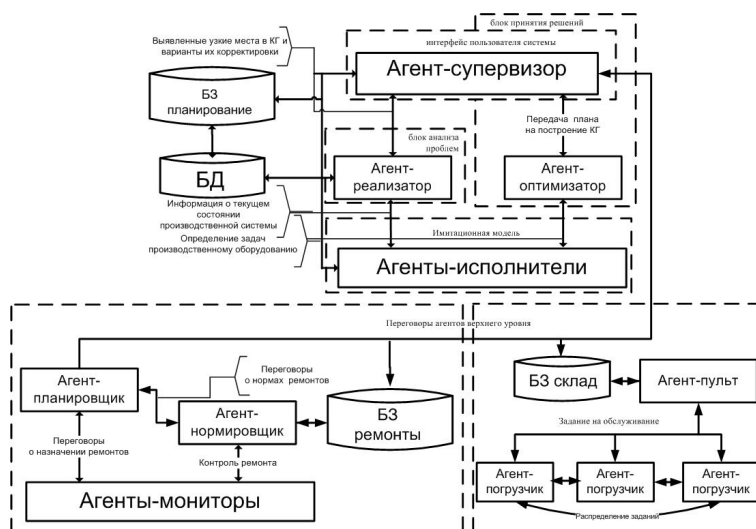


Рис. 3. Расширенная МАС оперативного управления и диспетчирования производства.

Как видно к структуре МАС ОУ и ТК добавляются второй и третий уровни.

Второй уровень системы представлен системой визуально-оптического мониторинга ремонтных работ, построенной на базе архитектуры, описанной в [6]. На этом уровне предполагается осуществление наблюдения за выполнением хода ремонтных работ с целью снижения простоя производства.

Видеоинформация с нескольких камер (нескольких рабочих мест) централизованно собирается для анализа агентом-нормировщиком. Итогом работы подсистемы являются рекомендации по корректировке времени включения находящихся на ремонтных работах агрегатов в производственный план, а также значение показателя выявленных непроизводственных затрат рабочего времени ремонтного персонала.

Третий уровень системы – управление складом. Структура МАС включает в себя агента-пульт, который аккумулирует перечень заказов на разгрузку/выгрузку и рассылает его агентам-погрузчикам. В зависимости от своего местоположения и максимальной погрузочной способности эти агенты распределяют между собой работы.

Целевая функция агентов-погрузчиков основывается на распределении заданий по загрузке/разгрузке склада между собой с учетом выполнения всех заданий за минимальное время, при максимальной производительности каждого агента.

База знаний этого уровня позволяет агентам-погрузчикам обладать информацией о топологии склада

## 7. Заключение

Экономия средств зависит от многих факторов, не только от времени составления расписания, от технологии, от стоимости данной продукции. Предложенный мультиагентный подход к управлению производством и обеспечивающими подсистемами позволит повысить адаптивность системы к текущим изменениям и даст преимущество в оперативности и адекватности принимаемых решений. Такой подход к реализации системы ОУ и ТК позволит повысить качество выявления нарушений в ходе реализации производственной программы и более эффективно реализовать построение и корректировку расписания.

## Список литературы

1. Авдеев В.П., Кустов Б.А., Мышляев Л.П. Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой. Новокузнецк; Изд-во Кузбасского филиала Инженерной академии 1992. 188 с.
2. Бодянский Е. В., Кучеренко В. Е., Кучеренко Е. И. Гибридные нейрофаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах. Днепропетровск: Системные технологии, 2008. 357 с.
3. Подвальный С.Л. Многоальтернативные системы: обзор и классификация // Системы управления и информационные технологии. 2012. Т. 48. № 2. С. 4-13.
4. Цуканов М. А., Боева Л. М. Сталеплавильное производство как агрегативная система // Труды VI школы-семинара молодых ученых «Управление большими системами». 2009. С. 5311-136.
5. Цуканов М.А., Боева Л.М. Построение контактного графика сложноструктурированного дискретно-непрерывного производства с использованием иммунного алгоритма // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. Т. 8, № 4. С. 66-0.
6. Цуканов М.А., Ульянова О.П. Автоматизированное распознавание нетипичного поведения на основе визуальнооптического мониторинга как одна из проблем компьютерного зрения // Труды XII Всероссийского Совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. С. 4041-4047.