

# МАТЕРИАЛЫ УРАЛЬСКОЙ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕКАДЫ

---

14-23 апреля 2008 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
И КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОГО КОНВЕЙЕРА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

*КУЛТЫШЕВА Е. Н., КАРЯКИН А. Л.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Разработка системы управления электроприводом для конвейеров, оборудованных несколькими электроприводами, особенно актуальна и сложна, что связано с необходимостью согласованного управления электроприводом.

В системе с многодвигательными электроприводами, взаимосвязанными конвейерной лентой, возможно согласованное управление скоростью или моментом электродвигателей.

Выбор структуры и параметров системы управления определяются механической частью электропривода.

Механизм конвейеров отличается следующими особенностями:

- наличием упругого элемента – конвейерной ленты;
- возможностью протекания волновых процессов, связанных с распределением деформации по длине, при большой длине конвейерной ленты.

Возмущение какого-либо сечения ленты представляет волновой процесс и приводит к распространению этого возмущения вдоль ленты с определенной скоростью. Скорость распространения упругой волны в ленте является одной из основных характеристик динамического процесса и во многом определяет амплитуды динамических нагрузок.

Динамические процессы в ленточных конвейерах характеризуются появлением динамических натяжений, которые алгебраически суммируясь со статическими, значительно увеличивают результирующие натяжения в конвейерной ленте и усилия в элементах конвейера.

Известно, что выбор степени детализации математического описания зависит от решаемой задачи.

Выбор структуры и параметров системы управления выполнен для двухмассовой модели механической части конвейера, а проверка полученных результатов выполнена на математической модели, учитывающей распределенный характер параметров ленты конвейера.

Приведены результаты компьютерного моделирования в системе *SIMULINK*, входящей в пакет прикладных программ *MATLAB*.

## АСПЕКТ МЕТОДОЛОГИИ ИЗУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НАНОРАЗМЕРНОГО ДИАПАЗОНА В ГОРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*ТКАЧЕВА Т. А.*

ГОУ ВПО "Московский государственный открытый университет"

Фундаментальные исследования и прикладные разработки в области изучения проблем горного производства во многом определяет системно-аналитическое изучение изменчивости физических величин наноразмерного диапазона. За последние годы произошли качественные изменения выпускаемых промышленностью средств измерений для горного производства как отечественных, так и зарубежных. Появление нанотехнологий в различных отраслях позволило резко улучшить метрологические показатели и характеристики множества средств измерений. Для проведения массовых измерений большого числа различных величин, в т.ч. и размерностью от  $10^{-9}$  до  $10^{-12}$ , для горной промышленности выпускается множество

средств измерений, контроля и наблюдений. Это и информационно-измерительные системы (ИИС), работающие в сложных метрологических условиях, например, такой класс систем как единые системы горно-экологического мониторинга регионов (КМА, КУЗБАСС и др.) Но особенно это важно для регионов, где размещены небольшие карьеры, например, строительных материалов, характеризующиеся малоизученными свойствами. И здесь необходимы новые, нетрадиционные разработки и пространственно-временные исследования метрологических показателей, их основных параметров и характеристик, таких как чувствительность ( $10^{-6}$ - $10^{-7}$ ) и погрешности прецизионных измерений, контроля и инструментальных наблюдений. Кроме того, сейчас возникают проблемы в решении важнейшей производственной задачи, а именно, поверке этого, нового, класса ИИС. Эти проблемы носят как теоретический (ввиду того, что нет, во-первых, аксиоматики метрологии; а, во-вторых, полноты картины из-за либо неизмеряемости величин или измерения их косвенными методами. А значит выводы об истинности результатов носят локальный характер, и необходимы дополнительные изучение и исследования для выявления пока еще скрытых параметров), так и практический характер (необходимо создание на предприятиях новых участков, а возможно и цехов с высокоточным поверочным оборудованием для нано-, пико-, атто- и фемтометровых структур измеряемых, контролируемых и наблюдаемых величин). И разумеется, развитие всего этого должно носить значительно опережающий характер в сравнении самих внедряемых производственных нанотехнологий. Формализовано это представляется так: "Разнообразие изменчивости пространственно-временных показателей и свойств ИИС должно значительно опережать разнообразие изменчивости пространственно-временных показателей и свойств месторождений полезных ископаемых".

Такая постановка – путь к повышению безопасности горного производства на основе увеличения полноты и аналитического использования всей получаемой контрольно-измерительной информации.

## **К ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫМ ПРОВЕТРИВАНИЕМ ВЬЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗООТСАСЫВАЮЩИХ СИСТЕМ**

*САПОЖНИКОВ М. Г.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Проблема управления технологическим процессом комбинированного проветривания в настоящее время стоит наиболее остро. Внимание к этому процессу повысилось из-за произошедших крупных аварий на угольных шахтах Кузбасса, которые связывают с взрывами метана на выемочных участках. Поскольку угольные пласты Кузнецкого района обладают высокой газообильностью, то основным способом удержания концентрации метана на выемочном участке ниже предельных пороговых значений является применение метода комбинированного проветривания с использованием газоотсасывающих систем.

Процесс комбинированного проветривания является процессом с постоянно изменяющимися характеристиками, на который влияют как медленно изменяющиеся во времени внешние воздействия, так и внезапно возникающие воздействия, при этом оба типа воздействий способны привести к аварийной ситуации или даже к катастрофе на выемочном участке. Причем грань между безопасным и взрывоопасным состоянием определяется несколькими процентами метана, и переход от одного состояния в другое может произойти мгновенно, поэтому система автоматического управления комбинированным проветриванием должна вносить опережающие управляющие воздействия, основанные на прогнозе аэрогазового состояния выемочного участка.

Процесс формирования концентрации метана в атмосфере очистного забоя остается недостаточно изученным, отсутствуют математические модели, которые могут быть использованы при синтезе автоматической системы непрерывного управления комбинированным проветриванием. Также не сформированы критерии, по которым можно оценивать текущее состояние процесса и его динамику. Сказанное задает обширное поле для исследований процесса комбинированного проветривания как объекта управления, предполагает постановку и проведение экспериментов по установлению тех или иных взаимосвязей между отдельными параметрами процесса.

Недостаточная оснащенность шахт датчиками технологических параметров приводит к дефициту информации, по которой можно судить о степени успешности проветривания выемочного участка, по этой же причине невозможен автоматический прогноз аэрогазового состояния выемочного участка и опережающего управления им. Этот факт обуславливает задачу определения списка контролируемых параметров и установление местоположения точек их контроля, которые бы обеспечивали бы достоверной информацией системы прогноза и управления аэрогазовой обстановкой выемочного участка.

Технологические механизмы и оборудование, связанное с процессом, пространственно разнесены на достаточно большие расстояния, одна часть технологического оборудования находится под землей в шахте, другая на поверхности, кроме того, почти все оборудование комплекса комбинированного проветривания располагается во взрывоопасной зоне. Такая характеристика пространственного положения оборудования

подразумевает при построении системы управления формирование искробезопасных каналов передачи информации на поверхности и в выработках шахты.

Отсутствие систем удаленного управления технологическим оборудованием, воздействующим на процесс, оставляет единственным возможным ручным способом управления этим оборудованием. Этот способ не удовлетворяет требованиям по точности и своевременности внесения управляющих воздействий. Поэтому среди прочих задач стоит задача создания технических устройств и систем, позволяющих автоматической системе управления вносить управляющие воздействия в процесс комбинированного проветривания.

Воздействие экономического фактора, требующего постоянного наращивания производительности шахты, приводит к критическим режимам работы выемочного участка по метановыделению и появлению так называемого "газового барьера", который не позволяет увеличивать производительность добычного участка. Поэтому направление на снижение влияния "газового барьера" является приоритетным для угледобывающих предприятий. Данное направление может быть реализовано при разрешении поставленных выше задач.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ**

*МАРТЫНОВ Н. В., ДЕМЕНТЬЕВ А. А.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Система диспетчеризации горнотранспортного комплекса предназначена для автоматизированного управления работой горного предприятия. Объектами управления являются мобильные объекты горнотранспортного комплекса: буровые станки, автосамосвалы, экскаваторы и т. д.

Задачи, которые необходимо решать с помощью автоматизированных систем управления:

- Управление объемом и качеством добычи полезных ископаемых, производством вскрышных работ;
- Рациональное использование фонда рабочего времени и номинальной производительности машин и механизмов;
- Контроль выполнения технологических операций и норм эксплуатации машин и механизмов;
- Контроль выполнения проектов и планов горных работ;
- Организация планомерного ремонта и обслуживания горнотранспортным оборудованием и автомобильными дорогами.

В результате внедрения автоматизированной системы управления горнотранспортного комплекса появляется возможность более эффективно решать задачи оперативного управления работой карьера, в том числе задачи оптимизации грузопотоков, поддержание требуемого содержания полезных компонентов в руде на складах, а также управление заправками. Также появляется возможность объективной оценки деятельности служб и участков предприятия, что положительно влияет на трудовую и технологическую дисциплину персонала.

Система комплексной автоматизации должна быть предназначена для решения следующих задач горного производства:

- оперативного планирования объемов добычи руды экскаваторами в режиме усреднения ее качества;
- оптимального планирования транспортных средств и распределение их по пунктам погрузки и разгрузки;
- сбора первичной информации, ее обработки и выдачи результатов расчета оперативных показателей работы экскаваторно-автомобильного комплекса для анализа, выработки решений и планирования работы на следующие смены;
- распределение потока технологического транспорта по пунктам погрузки для выполнения сменного плана горных работ и обеспечения требуемого содержания полезного продукта в руде, поставляемой на обогатительную фабрику;
- учет работы экскаваторов и автосамосвалов;
- учет объемов горной массы по пунктам разгрузки и со всего карьера в целом.

Для определения в режиме реального времени в системе комплексной автоматизации применяется спутниковое определение координат с применением приемников глобальной системы позиционирования *GPS*.

Внедрение системы позволяет повысить эффективность использования техники: сокращаются простои экскаваторов и автосамосвалов, фактически исключаются недогрузки и перегрузы, за счет оптимизации скоростного режима уменьшается износ двигателей, шин и других узлов.

## АНАЛИЗ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК: СРАВНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ

МОКАН А. С.

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

В настоящее время трубопровод основной, более дешевый и высоконадежный вид транспорта газа, нефти и нефтепродуктов. Для снижения числа аварий и несанкционированных врезок магистральные нефтепроводы подвергаются внутритрубной диагностике. Однако не удается полностью исключить аварии, которые представляют прямую угрозу населению страны, окружающей среде, а также несет большие экономические потери.

Все причины разрушения трубопроводов можно классифицировать на 4 группы разрушений:

1. Механические повреждения, связанные с человеческим фактором (строительные работы, ошибки в работе эксплуатационного персонала и т.д.);
2. Коррозия;
3. Дефекты труб (вмятины, гофры, расслоения, дефекты прокатки);
4. Брак при выполнении строительно-монтажных работ (неоднородности сварных швов и т. д.).

Процессы, протекающие в трубопроводе после появления в нем утечки, можно разбить по времени на 2 этапа:

1 этап – падение давления в начальный момент (длится от нескольких долей секунды до 1-2 с), связанное с образованием волны давления (расходы на входе и выходе равны друг другу, так как волна давления еще не пришла на вход и выход трубы).

2 этап – постепенное падение давления, связанное с переходом системы на новый режим работы (расход на входе увеличивается, а расход на выходе уменьшается). Время установления нового режима зависит от длины трубы.

В настоящее время разработано большое многообразие методов и средств контроля герметичности трубопроводов, основанных на различных физических законах и явлениях. В табл. приведены положительные и отрицательные стороны существующих методов обнаружения утечек.

Таблица

**Характеристики методов обнаружения утечек**

№ п/п	Метод обнаружения утечки	Преимущества	Недостатки
1.	Акустический	Высокая чувствительность. Обнаружение утечки менее 1 % от максимальной подачи трубопровода	Трудоемкость при сооружении (датчики необходимо устанавливать не менее чем через 50 м), сложность в эксплуатации, высокая стоимость
2.	Акусто-эмиссионный	Высокая чувствительность. Обнаружение микротрещин.	Трудоемкость, сложность в эксплуатации, высокая стоимость
3.	Метод измерения давления между трубами при использовании технологии прокладки трубопровода "труба в трубе"	Высокая чувствительность	Применение только на ограниченных участках трубопроводов, где использована технология прокладки трубопровода "труба в трубе". Не позволяет определить координату утечки
4.	По волне давления	Высокая чувствительность. Обнаружение утечки менее 1 %, оперативность обнаружения утечки не более 60 с	Обнаружение утечки только в момент ее возникновения. Плохо работает на переходных процессах. Требуется установки дополнительных блоков (контроллеров) нижнего уровня
5.	Баланса масс	Работает на всех режимах перекачки. Чувствительность 1 % от максимальной подачи трубопровода	Длительность обнаружения малой утечки – до 40 мин. Не определяет координату утечки. Требуется установки расходомеров на входе, выходе из диагностируемого участка.

№ п/п	Метод обнаружения утечки	Преимущества	Недостатки
6.	С использованием математической модели	Работает на всех режимах перекачки. Чувствительность 1 % от максимальной подачи трубопровода	Длительность обнаружения малой утечки – до 40 мин. Требуется установка расходомеров на входе, выходе из диагностируемого участка
7.	Метод на основе анализа давлений в изолированных секциях при закрытых задвижках	Простота и дешевизна реализации.	Работает только на остановленном трубопроводе. Не определяет координату утечки
8.	Метод определения утечек по излому профиля давления	Дешевизна, простота реализации, не требует установки дополнительного оборудования на среднем и нижнем уровнях	Чувствительность от 2 % от максимальной перекачки

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИЛОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

*ЗАХАРОВ А. А., БОРОДАЦКИЙ Е. Г., МАТВЕЕВ В. В.*  
ОАО "Российская электротехническая компания"

В технологии термохимической обработки материалов широко используются установки газо-фазового насыщения. В связи с возрастающим износом актуальным становится обновление и модернизация элементов этих установок. Примером такой модернизации является система автоматического регулирования температуры в печи сопротивления, построенная на базе силового преобразователя постоянного тока.

В состав системы входят: установка газо-фазового насыщения ГФ-3, представляющая собой печь сопротивления и тиристорный преобразователь ПТВ-30000/75.

Установка газо-фазового насыщения предназначена для насыщения углеродных каркасов с целью получения изделий в виде цилиндров и конусов. Она представляет собой реактор с различными системами обеспечения (электрической, газовой, вакуумной, азотной, вентиляционной и системой охлаждения).

Реактор – герметизируемая емкость со съемной верхней частью "крышкой". Внутри стенок реактора имеются радиаторные полости системы охлаждения, по которым течет охлаждающая жидкость. В верхней и нижней частях реактора находятся медные стержни – токовводы, на которых, во внутренней части печи, устанавливаются массивные графитовые элементы – башмаки. С внешней стороны печи к токовводам подсоединяются силовые шины. Внутри реактора, между верхним и нижним башмаками устанавливается нагревательный элемент в виде графитового стержня. Форма стержня определяется, исходя из технологических требований для обработки отдельных видов изделий. Работа установки основана на протекании по нагревательному элементу тока большой величины (до 25 кА) и возникновении при этом интенсивного теплового излучения от нагревательного элемента.

Тиристорный преобразователь ПТВ30000/75 предназначен для питания электротехнологических установок постоянным током.

В состав преобразователя входят:

- блок выпрямительный тиристорный с водяным охлаждением;
- устройство управления;
- шкаф автоматики;
- агрегат теплообменный;
- датчик постоянного тока.

В выпрямительном блоке расположены силовые тиристоры, элементы системы защиты от перенапряжений, формирователи импульсов управления тиристорами.

Устройство управления предназначено для управления, защиты, сигнализации режимов работы выпрямительного агрегата. Оно включает следующие системы: питания собственных нужд; измерения и индикации параметров агрегата; регулирования тока; защиты; управления высоковольтным выключателем; блокировок и сигнализации.

Шкаф автоматики предназначен для контроля технологических параметров работы установки насыщения (ток, температура и напряжение). Состоит из промышленной ЭВМ с платой сбора данных и набора нормирующих

преобразователей. Программное обеспечение ЭВМ позволяет обрабатывать сигналы и представлять данные о технологическом процессе в виде диаграмм и показаний приборов, выводимых на экране монитора, а также сохранять значения контролируемых параметров в архивные файлы.

Агрегат теплообменный предназначен для охлаждения тиристоров и токоведущих частей выпрямительного блока по двухконтурной системе "вода – вода". Он состоит из следующих основных узлов:

- несущей рамы;
- теплообменника пластинчатого разборного;
- ионообменных фильтров;
- двух циркуляционных насосов: основного и резервного;
- запорной трубопроводной арматуры;
- контрольно-измерительной аппаратуры;
- пульта управления.

Регулирование температуры в реакторе происходит за счет изменения величины тока, протекающего по нагревателю. Для регулирования тока используется одноконтурная система с ПИ-регулятором. Сигнал задания на ток формируется в ПЛК и подается на узел регулятора тока на плате СИФУ. Регулятор температуры реализован программным способом в ПЛК. Выработка управляющего сигнала регулятора температуры происходит на основе сигналов задания температуры и сигнала обратной связи, получаемом с датчика температуры. Сигнал с датчика температуры нормируется одним из модулей шкафа автоматики и передается в устройство управления, на один из аналоговых входов ПЛК и на плату сбора данных ЭВМ.

В процессе работы реактора датчик температуры перемещается от центра к краю изделия для обеспечения градиентного контроля температуры. Управление перемещением датчика происходит автоматически от ПЛК, который программным способом формирует дискретный сигнал перемещения с регулируемым временным интервалом. Направление перемещения задается с панели оператора, расположенной в устройстве управления. Также вручную возможно формирование сигналов перемещения.

Задание температуры производится с панели оператора.

Данная система внедрена в эксплуатацию на одном из промышленных предприятий. В дальнейшем планируется решение ряда научно-исследовательских задач:

- разработка математической модели системы "печь-тиристорный преобразователь";
- идентификация параметров математической модели по экспериментальным данным;
- разработка методики настройки регулятора температуры аналитическим способом;
- совершенствование информационной части системы регулирования температуры.

## **ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕГАЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ**

*АБДРАХМАНОВ М. И., МАТВЕЕВ В. В.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

В настоящее время на шахтах для снижения метанообильности выработок и с целью повышения безопасности ведения горных работ применяют дегазацию.

Дегазационная система состоит из дегазационных установок, объединенных в вакуум-насосную станцию, газопроводов, скважин, а также регулирующей запорной и предохранительной аппаратуры.

В литературе [1] рассматриваются три вида объектов контроля и управления: вакуум-насосная станция (ВНС), дегазационная сеть и дегазационные скважины.

В связи с этим можно выделить ряд систем локальной автоматики для решения задач контроля и управления указанными объектами. Системы локальной автоматики должны выполнять в полном объеме или частично информационные, управляющие и вспомогательные функции. Среди них:

- локальная система контроля состояния дегазационной скважины;
- локальная система контроля параметров газовой смеси в дегазационном трубопроводе;
- локальная система управления дегазационной установкой;
- локальная система управления вакуум-насосной станцией (ВНС).

Локальная система контроля состояния дегазационной скважины измеряет концентрацию метана и разрежение в скважине, расход газовой смеси, а также рассчитывает долю притечек воздуха в скважину. Данная система позволяет определить наличие подсосов воздуха в скважину и контролировать качество ее герметизации.

Локальная система контроля параметров газовой смеси в дегазационном трубопроводе выполняет функции измерения концентрации метана, абсолютного давления в трубопроводе и падение давления на диафрагме и температуры. Она должна выполнять расчет расхода газозвушной смеси и дебита метана.

Локальная система управления дегазационной установкой предназначена для выполнения функций пуска и остановки вакуум-насоса, открытия и закрытия регулирующе-запорной арматуры. Она должна осуществлять контроль параметров технологических процессов отсасывания газовой смеси из дегазационной сети (давление

во всасывающем и нагнетательном трубопроводе, температура в напорной части газопровода между вакуум-насосом и водоотделителем), состояния технологического оборудования (вибрация, температура обмотки статора двигателя, температура подшипников двигателя и вакуум-насоса) и положения регулирующих органов. Это позволяет формировать команды на проведение автоматических операций по изменению режимов работы или устранению аварийных ситуации, а также реализовать световую и звуковую сигнализацию. Данная система должна выполнять функции автоматической защиты (тепловая, вибрационная и токовая защита вакуум-насосных установок).

Локальная система управления вакуум-насосной станцией должна реализовывать функции управления дегазационными установками, подключения и отключения их к общей сети газопроводов станции, пуска и остановки насосов водоснабжения, откачки воды из водоотделителей, пуска принудительной вентиляции при обнаружении в помещениях ВНС опасных концентраций метана. Данная система должна выполнять функции сбора информации от систем контроля работы дегазационных установок, контроля параметров технологических процессов отсасывания газовой смеси из дегазационной сети (давление во всасывающем трубопроводе, концентрация метана, давление и расход газовой смеси в напорном трубопроводе), а также работы системы водоснабжения и вентиляции. Эта система должна выполнять следующие функции защиты: защита газопровода от подачи метано-воздушной смеси с концентрацией метана и давлением этой смеси ниже допустимых значений [1, 2], предотвращение повышения концентрации метана в атмосфере здания ВНС выше допустимого значения, тепловая, вибрационная и токовая защита системы водоснабжения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпов Е. Ф., Рязанов А. В. Автоматизация и контроль дегазационных систем. – М.: Недра, 1983. – 190 с.
2. Методологические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт (РД-15-09-2006). Серия 05. Выпуск 14 / Колл. авт. – М.: ОАО "Научно-технический центр по безопасности в промышленности", 2007. – 256 с.

### ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ФЛОТАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ О ГРАНИЧНОМ ЗЕРНЕ

*БАЗАНОВА Ю. Н.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Широкое распространение в течение последних 15 лет получили детерминированные или микрофенологические модели. Достоверность и высокая эффективность полученных моделей обуславливает применение их практически ко всем процессам обогащения. Но в последнее время ощущается недостаток аналитических моделей, которые в свою очередь являются базовыми для развития детерминированных моделей. В данной работе представлен один из подходов к аналитической модели процесса флотации.

В основу математической модели процесса флотации положено описание процессов, характеризующих флотомашину как гидравлическую емкость, процессов выхода зерен на зеркало слива флотомашин, процессов выхода минералов в пенный слой.

При идентификации процесса флотации необходимо задаться моделью входного потока твердого, поступающего в процесс.

В исходной руде можно выделить следующие классы крупности:

1. "Порода" класс, соответствующий крупности породных зерен и состоящий из сростков и породных зерен.
2. "Минерал" класс, соответствующий крупности минеральных зерен и состоящий из раскрытых зерен минерала, породы и сростков.
3. "Шламы" класс очень мелких труднофлотируемых частиц, состоящий из зерен породы и минерала.

В основу флотационного разделения минералов положено понятие граничного зерна. Граничное зерно вычисляется в зависимости от технологических условий флотации (расхода реагентов, степени аэрации, плотности пульпы и т. д.) и физических свойств флотируемых частиц.

Формула расчета крупности частиц выводится из условия равновесия сил притяжения и отрыва, действующих на частицу.

Зная размеры граничного зерна и перераспределение частиц, в зависимости от размера и типа зерен можно определить выход на зеркало каждой фазы.

В концентрат выходят частицы класса "минерал", представленные минеральными зернами и сростками, если их размер меньше или равен граничной крупности флотации, а также сростки класса "порода" при том же условии и часть "шламов".

Вероятность выхода частиц минерала в слив или пену оценивается по величине вертикального или горизонтального пути, проходимого частицей от места выхода на зеркало до сливного порога ( $t_r$ ) с горизонтальной скоростью ( $\omega_r$ ) и за время прохождения частицей вертикального пути ( $t_b$ ) с вертикальной скоростью ( $\omega_b$ ). Если  $t_b < t_r$ , то частица выходит в пену, а, если  $t_b > t_r$ , то частица выходит в слив.

Математическую модель процесса флотации предлагается использовать для исследования технологических закономерностей промышленного процесса с целью прогнозирования результатов флотации, помощи оператору в принятии решений по управлению, а также в системах микропроцессорного управления технологическим комплексом.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАПРАВИЛ В ПРОЕКТЕ *SYNTHESES*

САДЫКОВ Ф. О.

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Проект *SynthES* – проект открытой платформы для разработки интеллектуальных агентов и экспертных систем, созданный и развивающийся на базе кафедры информатики УГГУ. *SynthES* предусматривает гибкую, расширяемую модель выполнения алгоритмов искусственного интеллекта с интеграцией на базе обобщенной продукционной модели.

Одним из значимых аспектов при разработке интеллектуальных агентов на основе знаний (прежде всего экспертных систем) является возможность использования метазнаний, что позволяет существенным образом увеличить управляемость, упорядоченность и оптимизировать работу с базами знаний.

Метаправила – правила, опирающиеся в своей работе не на состояние рабочей памяти системы, а на состояние базы знаний экспертной системы и изменяющие эту базу знаний. В большинстве реализаций речь идет не о стойких изменениях базы знаний, а о настройке плана выполнения в рамках конкретного сеанса работы экспертной системы.

Под метазнаниями понимаются знания, касающиеся не самой предметной области экспертной системы, а знаний об этой предметной области.

При разработке экспертных систем за кадром часто остается понятие метазнаний и особенно такая сторона их реализации, как метаправила (метапродукции).

В большинстве известных и распространенных платформ для разработки экспертных систем (*CLIPS/JESS, BRE* и т. д.) использование метазнаний крайне ограничено (небольшой набор атрибутов уровня отдельной продукции), а метаправила как сущность отсутствуют.

При создании *SynthES* одной из задач ставилось обеспечить максимальные возможности работы с метазнаниями без усложнения организации работы ядра и сохранением расширяемости системы. Это достигается за счет включения в состав рабочей памяти отображения текущего состояния выводимой машины и действующей базы знаний как в состоянии текущего сеанса, так и в статической модели.

Это означает, что в рамках *SynthES* любая продукция может потенциально выполнять роль метаправила. В соответствии с этим нами предлагается обобщенная классификация продукций, поделенная по основанию входного и целевого сегмента рабочей памяти. Под входным сегментом понимается сегмент, который анализируется в левой части продукции (в условии). Под выходным сегментом понимается сегмент, на который производится воздействие в правой части.

В соответствии с этим при разработке экспертных систем в *SynthES* мы пользуемся для описания 9-ю категориями продукции (см. табл.).

Таблица

Классификация типов правил в *SynthES*

		Целевой сегмент		
		Рабочая память	Сеанс	База знаний
Входной сегмент	Рабочая память	Классическая продукция (РР)	Управление (РС)	Обучение (РБ)
	Сеанс	Рефлексия (СР)	Адаптация (СС)	Опыт (СБ)
	База знаний	Самоанализ (БР)	Стратегия (БС)	Обобщение (ББ)

Подробнее опишем основные задачи каждого класса:

1. Классическая продукция (РР) – основной тип продукций в экспертных системах;
2. Управление (РС) – обычно обеспечивают прямое управление процессом выполнения;
3. Обучение (РБ) – изменяет состояние самой базы знаний в соответствии с новыми сведениями;
4. Рефлексия (СР) – обеспечивает гибкие сценарии оптимизации процесса;
5. Адаптация (СС) – самонастройка системы, смена режимов;



6. Опыт (СБ) – выработка "условных рефлексов" выведение устойчивого состояния сеанса на уровень обобщенного знания;
7. Самоанализ (БР) – служит для прямого управления знаниями в базе знаний;
8. Стратегия (БС) – применение готового плана действия (обычно - результат "Опыта" СБ);
9. Обобщение (ББ) – классическое метаправило обобщение знаний на уровне самой базы знаний.

Предлагаемая классификация продукций удобна при описании работы интеллектуальных агентов и соответствует распространенной модели описания нейропсихологических процессов, выявленных для живых интеллектуальных систем и организмов.

## **ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ И НЕПРЕРЫВНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ В ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*БАРАНОВСКИЙ В. П.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

При проектировании дискретных систем автоматического управления медленно изменяющимися во времени процессами (в частности, процессами обогащения полезных ископаемых), причем дискретность в таких системах обусловлена принципом действия приборов контроля вещественного состава, может оказаться, что непрерывный регулятор в системе не в состоянии обеспечить требуемой постоянной времени интегрирования, и вместо него следует применять импульсный (цифровой регулятор).

В работе приведены результаты моделирования дискретной одноконтурной системы, состоящей из инерционного объекта второго порядка с запаздыванием и, наиболее применяемого в системах автоматического управления подобными объектами, пропорционально-интегрального регулятора.

Качественные показатели обеих систем (с непрерывным или дискретным ПИ-регулятором) сравнивались при отношении времени запаздывания объекта управления  $\tau_0$  к его постоянной времени  $T_0$ , равному 0,5, и нескольких периодах повторения (интервалах дискретности)  $T$ .

При воздействии на системы ступенчатого возмущения, приложенного ко входу объекта управления, были вычислены минимальные интегральные квадратичные оценки по каналу "возмущение управляемая величина" путем определения оптимальных параметров настроек регуляторов.

При воздействии на системы случайного возмущения, описанного экспоненциально-косинусной корреляционной функцией с конкретными параметрами и приложенного к выходу объекта управления, минимизировалась дисперсия управляемой величины системы.

Сравнительный анализ результатов исследования показал, что при увеличении отношения интервала дискретности  $T$  к времени запаздывания объекта  $\tau_0$  качество дискретных систем с непрерывным регулятором становится хуже, чем с импульсным.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ**

*КАЗУТИН А. С.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

В работе ставится цель получить математическую модель технологического комплекса измельчения для последующего исследования на ней способов и алгоритмов управления.

Исходя из задач, в структуре модели должна быть отражена взаимосвязь выходных параметров комплекса с основными возмущениями и управляющими параметрами процессов измельчения и классификации.

Поскольку нами рассматривается технологический процесс измельчения, то структура модели должна отражать не только внешние, но и внутренние его взаимосвязи.

В процессе измельчения решаются две задачи:

- сокращение крупности материала до величины, когда минеральная частица будет способна перейти в концентрат;
- раскрытие рудных минералов, обеспечивающее размер частиц, не крупнее величины вкраплений полезных минералов в породе.

Выходным параметром процесса измельчения может служить любой класс крупности, удобный для оперативного контроля. При этом необходимо использовать корреляционную зависимость выходного класса с классами крупности, равными величине вкраплений полезных минералов.

При идентификации процесса измельчения с целью совместного описания раскрытия минералов и сокращения их крупности необходимо задаться моделью исходной руды.

Исходная руда, представленная четырьмя классами крупности, в результате измельчения представляется тремя классами, так как крупный класс "сростки" разрушается. Крупные частицы разрушаются с образованием

частиц трех более мелких классов. В результате классификации частицы всех классов крупности распределяются между двумя продуктами сливом и песками в соответствии с условиями классификации.

Прохождение материала через измельчительный агрегат характеризуется гидродинамическими параметрами и проявляется в характере распределения времени пребывания частиц потока в агрегате.

При математическом описании процесса измельчения примем следующие допущения:

1. При измельчении происходит идеальное смешение.
2. Материал, находящийся в мельнице, подвергается тем же воздействиям, что и при порционном измельчении, за исключением некоторого количества материала, постоянно удаляемого в качестве готового продукта. При этом удаляемый материал постоянно компенсируется добавлением равного количества свежего материала.

## **ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОСЕВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УСКОРЕНИЯ**

*СИЛАЧЕВА Р. В.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Важнейшей характеристикой технического состояния горного оборудования, помимо режимных параметров, является интенсивность вибрационных процессов, которые несут в себе информацию о дефектах роторов, опорных и соединительных элементов, различного рода дисбалансах, зазорах, натягах и т. п. Эти и другие повреждения могут быть обнаружены при анализе вибрационных процессов в контрольных точках машинного агрегата. Кроме того, уровень интенсивности колебательных процессов свидетельствует о степени развития выявленных дефектов. Вышеперечисленное свидетельствует о том, что вибродиагностика, позволяющая выявлять дефекты и определять степень их опасности без остановки работающего горного оборудования для ревизии и наладки, является наиболее приемлемым и достоверным методом оценки технического состояния машинного агрегата.

Вибрация конкретного объекта полностью определяется силой возбуждения, ее направлением и частотой. Именно по этой причине вибрационный анализ позволяет выявить силы возбуждения при работе машины. Эти силы зависят от состояния машины, и знание их характеристик и законов взаимодействия позволяет диагностировать дефекты последней.

Существует две группы методов измерения параметров вибраций: контактные, подразумевающие механическую связь датчика с исследуемым объектом, и бесконтактные, т. е. не связанные с объектом механической связью.

Из контактных методов наиболее простыми являются методы регистрации вибраций с помощью пьезоэлектрических датчиков. Они позволяют проводить измерения с высокой точностью в диапазоне низких частот и относительно больших амплитуд вибрации, но вследствие своей высокой инерционности, приводящей к искажению формы сигнала, делают невозможным измерение вибраций высокой частоты и малой амплитуды. Однако механическая связь датчика с исследуемым объектом далеко не всегда допустима, поэтому последние годы основное внимание уделяется разработке бесконтактных методов измерения параметров вибраций. Кроме того, их общим достоинством является отсутствие воздействия на исследуемый объект и пренебрежительно малая инерционность. Все бесконтактные методы основаны на зондировании объекта звуковыми и электромагнитными волнами.

Одной из последних разработок является метод ультразвуковой фазометрии. Он заключается в измерении текущего значения разности фаз опорного сигнала ультразвуковой частоты и сигнала, отраженного от исследуемого объекта. В качестве чувствительных элементов используется пьезоэлектрическая керамика. В качестве достоинств метода можно отметить дешевизну и компактность аппаратуры, малое время измерения. Недостатками являются сильное затухание ультразвука в воздухе, зависимость от состояния атмосферы, уменьшение точности измерения с ростом частоты вибрации. Большое распространение получили методы, основанные на зондировании объекта видимым светом. Общими недостатками оптических методов являются сложность, громоздкость и высокая стоимость оборудования, большое энергопотребление, высокие требования к качеству поверхности исследуемого объекта и др.

подавляющее большинство горного оборудования в качестве приводов используют электродвигатели. Работа электродвигателей часто сопровождается биениями, которые, кроме того, что могут быть зафиксированы в вибрационном сигнале, хорошо воспринимаются на слух. Частота биений очень низка, иногда ниже 0,1 Гц.

Датчики для измерения вибрации устанавливаются на оборудовании различными способами.

Установка датчика с помощью крепежной шпильки (или крепление с помощью специального клея) является наиболее правильной и надежной. Другой метод крепления на специальный магнит, более удобен для периодических проверок, но при его использовании происходят некоторые потери вибрационной энергии из-за того, что собственная частота датчика смещается в более низкочастотную область, тем самым отсекая часть высокочастотной энергии вибрации. Третий метод установки датчика с использованием ручного щупа дает наименьшее значение измеренной энергии импульсов по сравнению со всеми другими методами, т. к.

частотный диапазон измерения еще более сужается. Преимуществом использования щупа является то, что можно проводить измерения в точках расположенных в непосредственной близости от подшипников и которые недоступны при других способах крепления датчика.

Одной из самых перспективных разработок датчиков, которая появилась в последнее время, являются датчики *ADXL210*. Они предназначены для измерения ускорения (или угла положения) объекта, на котором установлены. Датчик содержит в своем корпусе два основных функциональных блока: механический измеритель ускорения (конденсаторный элемент микронных размеров) и электронный преобразователь сигнала с измерителя в электрическую величину (усилитель, фильтр, схему температурной компенсации, тактовый генератор, цепи самоконтроля). Выходной характеристикой этих элементов является напряжение, пропорциональное измеренному значению ускорения, приложенному к плоскости корпуса прибора. Прибор имеет возможность самоконтроля, при этом тестируются одновременно и механический, и электронный блоки, также он выдает сообщения о низком напряжении питания, неисправности электронных модулей (тактового генератора и т. д.). Встроенный сложный фильтр минимизирует ложные сигналы датчика. Его скорость измерения выше, чем у электролитических, ртутных или температурных измерителей

*ADXL210* дешев, потребляет малую мощность, может измерять как динамическое ускорение (например, вибрация), так и статическое ускорение (например, сила тяжести).

Так как прибор может действовать в промышленном диапазоне рабочих температур, имеет мало навесных компонентов, компактен и дешев, потребляет малую мощность и производит точные и быстрые измерения, имеет возможность самоконтроля, то внедрение его может увеличить точность диагностики, обеспечить тщательный контроль над износом оборудования, своевременно предотвратить аварийные ситуации.

Представляется, что сфера применения *ADXL210* может быть существенно расширена. Известно, что сила действия вращающегося барабана мельниц на станину зависит от загрузки мельницы рудой. По-видимому, можно контролировать загрузку мельницы по амплитуде вибраций и регулировать подачу руды в мельницу по показаниям *ADXL210*.

Таким образом, разработчики систем управления получают малогабаритный (размер 10x10 мм), экономичный и надежный датчик, на основе которого можно создавать системы управления.

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ВВЕДЕНИЕ В ГОРНОЕ ДЕЛО"**

*ЕРОХИНА М. И., ВЕСЕЛОВ Р. С.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

1. Введение в горное дело – это одна из важнейших дисциплин в учебном процессе студентов горного университета. Она формирует общие представления о горных работах. Эта дисциплина предназначена для освоения основ горного дела, и она является базовой дисциплиной для дальнейшего изучения дисциплин, связанных с горным делом.

2. В настоящее время к формам изложения занятий по этой дисциплине относят лекции и практические занятия. Важнейшая роль отводится лекции, которая одновременно является самым сложным видом работы и поэтому поручается наиболее квалифицированным и опытным преподавателям. Цель лекции – формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала. Практические занятия предназначены для углубленного изучения дисциплины. Они играют важную роль в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач совместно с преподавателем. Также в освоении дисциплины очень важна самостоятельная работа студентов.

3. Самостоятельная работа – это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной его частью. Усиление роли самостоятельной работы студентов означает принципиальный пересмотр организации учебно-воспитательного процесса в вузе, который должен строиться так, чтобы развивать умение учиться, формировать у студента способности к саморазвитию, творческому применению полученных знаний, способам адаптации к профессиональной деятельности в современном мире.

4. Графическое изображение элементов горных работ является одним вариантом самостоятельной работы студентов, которое требует серьезных навыков по начертательной геометрии и инженерной графике, а также умение пользоваться компьютерными программами, предназначенными для работы с графическими изображениями. Компьютерные технологии во многом помогают в обучении студентов, в данном примере в основном используется работа с программой *AutoCAD*.

5. Графическое изображение элементов горных работ развивает у студентов навыки пространственного мышления, что является важным качеством для горного инженера. Также приобретаемые навыки работы с компьютерными программами способствуют повышению уровня развития обучающихся.

6. Появление компьютерных технологий связано, в первую очередь, с облегчением обработки большого количества информации, в том числе и в горном деле. С помощью компьютера мы можем не только вести расчеты сложнейших формул и задач, а также моделировать разного рода трехмерные объекты. На современном этапе развития науки и техники использование студентами компьютерных технологий – актуальный вопрос в образовании, без которого не мыслим настоящий учебный процесс. Но, помимо того, что персональный компьютер во многом облегчает работу студента, существуют и трудности в его освоении и применении.

7. Современные прикладные программы трудны в освоении, но они позволяют студенту проявить свои способности и визуально представить ту или иную ситуацию. Программа *AutoCAD*, получившая широкое применение не только в машиностроении, но и в горном деле, тоже вызывает трудности в своем изучении. Это связано, прежде всего, со способностями и возможностями самого студента. *AutoCAD*, при вычерчивании того или иного объекта, не может выдать логическую последовательность его построения, поэтому студенту приходится использовать свои способности и навыки. Методы их устранения читаются студентам не только на лекционных занятиях, но и выявляются при практической и самостоятельной работе.

8. *AutoCAD* – компьютерная среда, наиболее приспособленная для графического моделирования горных объектов и элементов горных выработок.

## О РАЗВИТИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*ТКАЧЕВА Т. А.*

ГОУ ВПО "Московский государственный открытый университет"

Отметим, что основные индивидуальные для каждой информационно-измерительной системы (ИИС) метрологические показатели: полнота измерительных данных, чувствительность  $S$  и погрешности:  $\Delta$  – абсолютные и  $\gamma$  – относительные по каждой из физических производственных величин различны и находятся в определенной, всегда требующей дополнительных исследований, корреляционной связи

$$S \xleftrightarrow{\Gamma_{S-\Delta; \gamma}} \Delta; \gamma$$

где  $r_{S-\Delta; \gamma}$  – коэффициенты корреляции.

**Теоретический аспект.** Отклонения (изменчивость) физических величин  $\Delta FB_1, \dots, \Delta FB_n$ , измеряемых в ИИС наноразмерного диапазона, из-за влияния различных факторов – это величины высшего порядка малости. Т. е. дадим такое определение.

Если отношения

$$\frac{\Delta FB_1}{FB_1}, \dots, \frac{\Delta FB_n}{FB_n} \text{ бесконечно малы,}$$

$$\text{т. е. } \lim_{FB_1} \frac{\Delta FB_1}{FB_1} = 0, \dots, \lim_{FB_n} \frac{\Delta FB_n}{FB_n} = 0,$$

то величины абсолютных отклонений физических величин, измеряемых в производственных условиях  $\Delta FB_1, \dots, \Delta FB_n$ , есть величины высшего порядка малости относительно величин  $FB_1, \dots, FB_n$ .

Такая методология с использованием понятия бесконечно малых величин в настоящее время важна и перспективна на горных объектах (разрезах, карьерах, шахтах и т. д.), где должна вестись более точная метризация пространства добычи полезных ископаемых для эффективного использования высокочувствительных и точных ИИС, для получения информации, повышающей правильность и точность нормирования, а значит, создаются условия улучшения базовых экономических, экологических, социальных и других показателей.

## ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ *MICROSWITCH* НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НОТАЦИИ *UML*

*ТАТАРЧЕВСКИЙ В. А.*

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

В настоящее время в связи с широким распространением микроконтроллерной техники в системах промышленной автоматики существенно возросла актуальность вопросов, связанных с быстрой разработкой надежного программного обеспечения (ПО) встроенных систем. Исходя из анализа публикаций по данной теме и практического опыта разработок, можно выделить следующие проблемы:

- Низкая производительность труда при использовании традиционных языков высокого уровня (C, C++) и ассемблера;
- Использование традиционных техник структурного и объектно-ориентированного программирования не позволяет выявить все ошибки в программе на этапе разработки;
- По сути, единственной документацией к ПО является его исходный код (возможно, с комментариями). Логика работы ПО оказывается распределена по всему коду, при этом низкоуровневые и высокоуровневые функции программы оказываются тесно взаимосвязанными. При этом внесение даже небольших изменений в проект часто приводит к изменениям в нескольких модулях ПО.

Существует ряд методов программирования, в значительной степени снимающих указанные проблемы. Они основаны на представлении программы в виде системы взаимодействующих конечных автоматов (КА). Такое представление программы позволяет:

- упорядочить структуру ПО за счет использования унифицированной структуры программного представления КА, эффективно разделить программу на иерархические уровни за счет использования вложенных КА;
- использовать для анализа программы формальные математические методы теории КА, что, в свою очередь, позволяет эффективно выявить и устранить множество ошибок уже на этапе проектирования ПО;
- проводить моделирование поведения ПО на ранних стадиях разработки, что позволяет достичь соответствия фактического поведения ПО техническому заданию;
- проектировать и документировать ПО в графической форме с использованием нотации *UML* для представления КА и их взаимодействий, осуществлять автоматическую генерацию кода по описанию системы КА;
- упростить модификацию ПО за счет того, что модули программы, выполняемые ими функции и межмодульные взаимодействия отражены в документации в явном виде;
- резко сократить или в ряде случаев вовсе исключить этап отладки ПО, что достигается за счет широких возможностей анализа и моделирования его поведения и применения автоматической генерации кода по формальному описанию алгоритма ПО.

В настоящее время активно разрабатывается ряд методов, позволяющих проектировать ПО на основе КА. Особо в этом ряду следует отметить *SWITCH*-технологии, разрабатываемую Анатолием Абрамовичем Шальто, профессором, заведующим кафедрой "Технологии программирования" Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики (ИТМО). Предложенная им технология подробно описана в множестве публикаций, доступных на сайте *is.ifmo.ru*.

Автором разрабатывается инструментальное средство *MicroSWITCH*, позволяющее проектировать ПО встроенных систем, основанных на микроконтроллерах и программируемых логических контроллерах (ПЛК). Инструментальное средство использует модель системы взаимодействующих КА для описания программы пользователя и позволяет осуществлять автоматическую генерацию кода для целевого микроконтроллера на основе *SWITCH*-технологии. Программа в данном инструментальном средстве описывается на графическом языке программирования, в основе которого лежит нотация диаграмм состояний *UML*. С целью придания нотации языка вида, удобного для описания ПО встроенных систем, нотация расширена по сравнению со стандартом *UML*. Введены расширения, предназначенные для описания параллелизма и обмена сообщениями между параллельно выполняющимися потоками. Также в языке *MicroSWITCH* предусмотрено графическое описание функций переходов и действий КА в графической форме в виде диаграмм функциональных блоков. На рис. показан пример программы на языке *MicroSWITCH*.

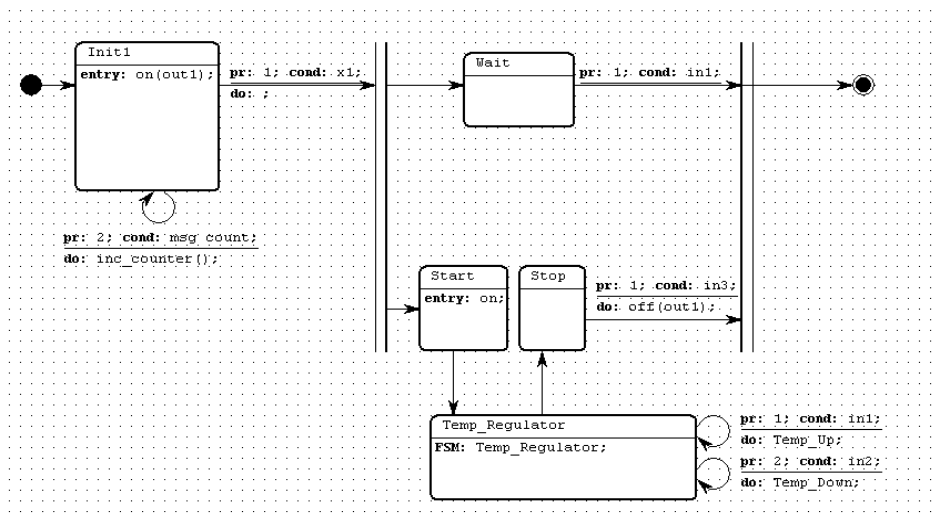


Рис. Пример программного модуля терморегулятора на языке *MicroSWITCH*

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

СКОБЦОВ С. Н., ГОРОХОВ К. М., РЕШЕТНИКОВ Д. В.  
ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Практика создания систем вторичного электропитания сегодня предполагает комплексный подход к решению данной задачи. Как правило, оптимизации подлежит каждый этап проектирования источников питания, включая выбор общей структуры, объединяющей отдельные блоки, выбор принципиальных схем и даже разработку методик расчета отдельных элементов внутри каждого блока.

Специфичные условия электропитания в шахтах чаще всего не позволяют конструктивно сосредоточить все устройства в физически одном блоке. Разрозненность пунктов подключения к промышленной сети и отдаленность друг от друга потребителей дополнительно усложняют решение задачи оптимизации режимов питания по длинным линиям передачи, которые к тому же должны отвечать жестким требованиям искробезопасности.

В данном докладе приводятся результаты проектирования и разработки шахтного источника электропитания, предназначенного для питания устройств контроля и управления. Базовый вариант включает два блока (рис. 1).

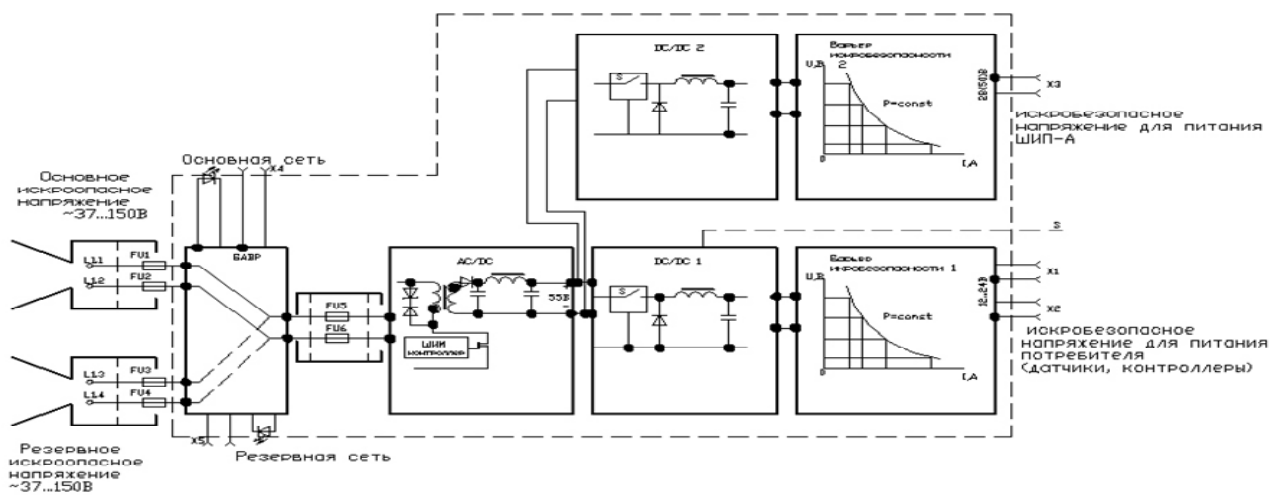


Рис. 1. Структурная схема источника питания ШИП

Сетевой модуль обеспечивает возможность автоматически переключаться на одну из двух линий питания от промышленной сети и возможность адаптации к широкому диапазону сетевого напряжения (30...150 В). Основой блока является обратноходовой преобразователь, обеспечивающий на выходе искробезопасное напряжение для питания по линии периферийных модулей. В периферийных модулях формируются все необходимые напряжения для питания нагрузок, обеспечиваются необходимая стабилизация выходных постоянных напряжений и трехкратно резервируемая защита от токов короткого замыкания на выходных зажимах, а также искробезопасность и резервное питание от аккумуляторных батарей.

Основой аккумуляторного модуля являются понижающие преобразователи постоянного напряжения. Эффективность работы таких преобразователей в первую очередь зависит от правильности выбора параметров накопительных индуктивностей. Проектирование этих элементов основано на определении математических выражений зависимости от параметров величин действующих токов в основных элементах преобразователя, в первую очередь в силовом ключе. На основе аналитических соотношений строятся соответствующие графические зависимости, облегчающие оптимизацию параметров для различных режимов работы преобразователя.

Групповое и достаточно хаотичное подключение большого числа нагрузок к одной линии питания требует обращать внимание на динамические свойства стабилизирующего преобразователя. Необходимо обеспечить если не отсутствие, то, по крайней мере, плавность переходных процессов по выходному напряжению при скачкообразном изменении тока нагрузки и выходного напряжения режима питания, например, при переходе с основного питания на аккумуляторное и обратно.

Обеспечение хорошей динамики работы преобразователя связано с известными трудностями получения передаточной функции для выходного напряжения в импульсной системе. На рис. 2 приведены исходные схемы замещения накопительной части преобразователя для двух состояний переключения. На их основе с

использованием метода осреднения переменных состояний получены указанные передаточные функции, коэффициенты которых включают большинство основных параметров схемы силовой части преобразователя.

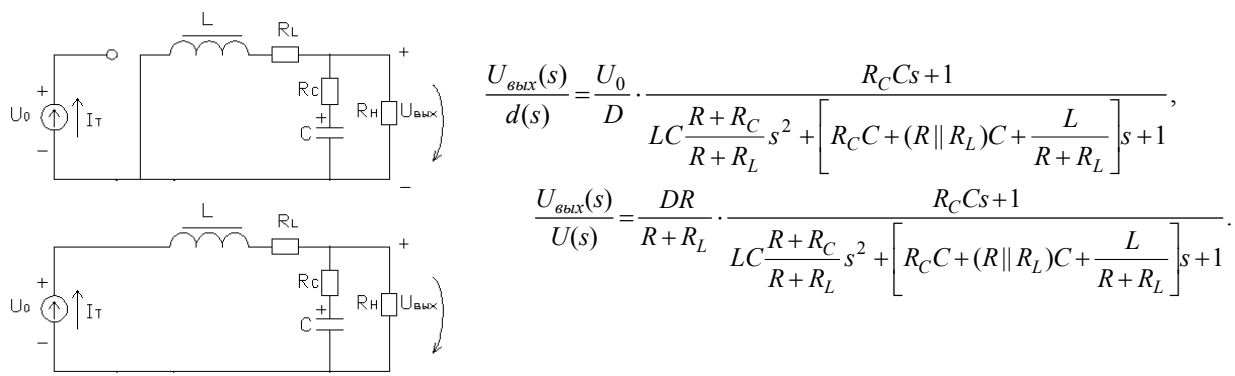


Рис. 2. Эквивалентные схемы замещения и передаточные функции

В результате описанных процедур и, естественно, ряда экспериментальных исследований разработана методика расчета оптимальных параметров накопительных элементов для всего диапазона условий работы преобразователей.

### АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ИНФОРМАЦИИ О ХАРАКТЕРЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

ВОЖЕГОВ И. В.

ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Алгоритм предназначен для обработки ограниченного числа наблюдений, для которых статистические методы обработки не могут быть использованы из-за недостаточной представительности числа наблюдений и отсутствия сведений о вероятностных характеристиках распределения погрешностей наблюдений.

Алгоритм основан на методах минимаксного оценивания и анализа информационных множеств. При разработке алгоритма используются следующие основные понятия.

Результат измерения  $y(n)$  для дискретного момента времени  $n$  может быть представлен в виде аддитивной смеси полезного сигнала  $x(n)$ , систематической погрешности  $\theta$ ; случайной погрешности  $E_n(n)$ , подчиняющейся нормальному закону распределения, и аномальной погрешности  $E_a(n)$ . Полагая процессы  $x(n)$ ,  $E_n(n)$ ,  $E_a(n)$  взаимно статистически независимыми, получим модель сигнала для дискретного времени в виде (1.1)

$$y(n) = x(n) + \theta(n) + E_n(n) + a(n) \cdot E_a(n), \quad (1.1)$$

где  $a(n)$  – реализация двоичной переключательной случайной функции, принимающей с вероятностью  $p$  значение  $a(n)=1$  с вероятностью  $(1-p)$  значение  $a(n)=0$ .

Значение единичного наблюдения принадлежит множеству неопределенности  $H$ :

$$H(n) = [x(n) - \Delta(n), x(n) + \Delta(n)], \quad n=1, N, \quad \Delta(n) = \theta(n) + 2S, \quad (1.2)$$

где  $\Delta(n)$  – максимальная величина погрешности наблюдения при уровне доверия 0.95;  $2S$  – случайная составляющая погрешности.

Интервал действительных значений наблюдаемой величины, совместных с полученной выборкой наблюдений, ограничен снизу максимальной из нижних границ, а сверху – минимальной из верхних границ множеств неопределенности полученной выборки

$$I = [h_{\min}, h_{\max}], \quad h_{\min} = \max_n \{x(n) - \Delta(n)\}, \quad h_{\max} = \min_n \{x(n) + \Delta(n)\}, \quad (1.3)$$

где  $n=1, \dots, N$ .

Поиск минимума и максимума осуществляется по номерам наблюдений полученной выборки.

Выявление одиночных промахов производится при условии, что наблюдаемая выборка данных оказалась несовместной.

Выборка несовместна, если рассчитанные по формуле (1.3) значения  $h_{\min} > h_{\max}$  (см. рис.)).

В этом случае необходимо рассчитать совокупность попарных пересечений всех множеств  $H_i$  и  $H_j$ :

$$P_{ij} = H_i \cap H_j, \quad i=1, \dots, N-1, \quad j=i+1, \dots, N. \quad (1.4)$$

Данная процедура реализуется соотношениями

$$P_{nij} = \max \{h_{ni}, h_{nj}\}, \quad (1.5)$$

$$P_{eij} = \min \{h_{ei}, h_{ej}\}. \quad (1.6)$$

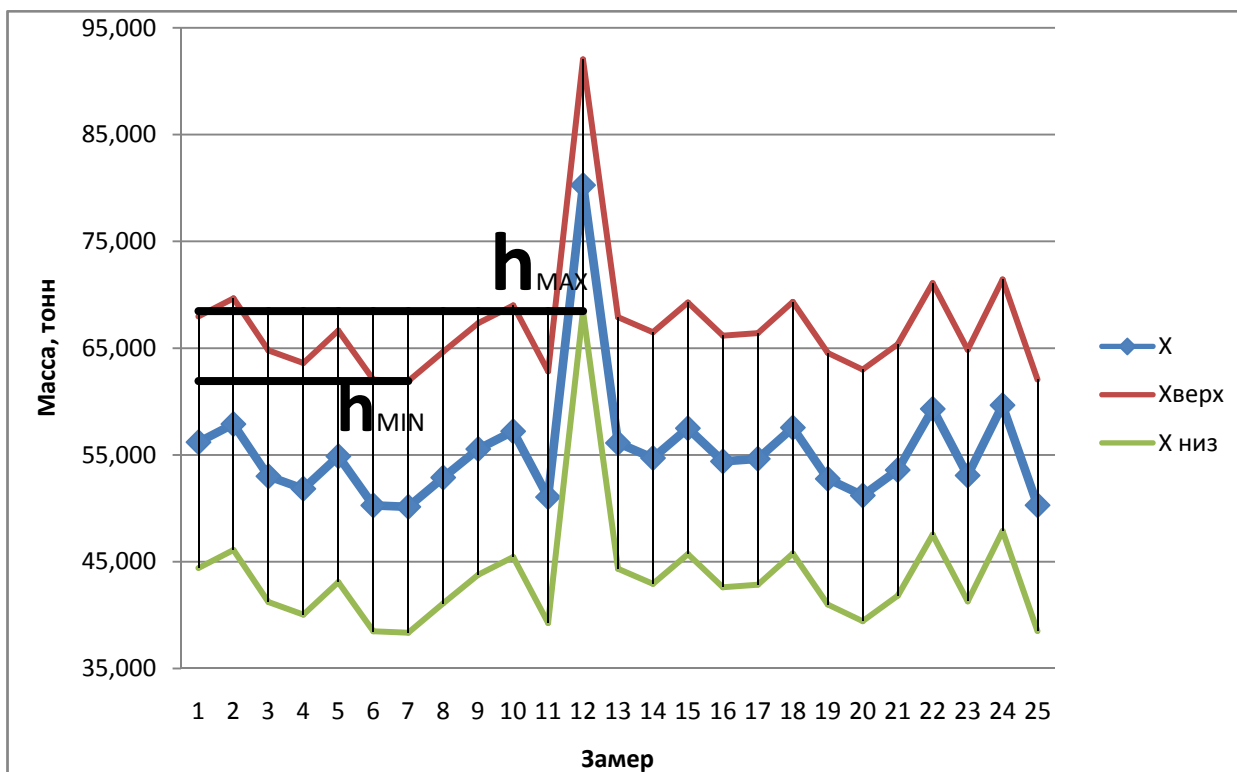


Рис. Несовместная выборка

Если  $P_{nij} > P_{vij}$ , то множество  $P_{ij}$  не существует – пусто, и для этой пары вырабатывается нулевое значение признака совместности  $S_{ij} = 0$ .

Если  $P_{nij} < P_{vij}$ , то множество  $P_{ij}$  существует – непусто, а величины (1.5) и (1.6) являются его нижней и верхней границами соответственно и для этой пары вырабатывается единичное значение признака совместности  $S_{ij} = 1$ .

**Пример.** Существует массив объемом в 50 значений  $X_i$ . Проверим данную выборку на несовместность. Для этого к каждому значению выборки  $X_i$  прибавим и вычтем среднеквадратическое отклонение, помноженное на два, получим два массива  $X_{верх}$  и  $X_{низ}$ . Так как задача наиболее актуальна для контроля однородных продуктов, то величина среднеквадратического отклонения составляет  $S < 1,0\%$ . В примере значение  $S = 1$ . Найдя максимальное значение  $X_{низ}$  и минимальное значение  $X_{верх}$  сравним значения. Если максимальное значение  $X_{низ}$   $h_{MAX}$  больше минимального значения  $X_{верх}$   $h_{MIN}$ , то выборка не совместна.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОГЛАСОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА В ПРИПОРТОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ

НОВИКОВ П. А.

ГОУ ВПО "Уральский государственный университет путей сообщения"

Стык между железнодорожным и другими видами транспорта, особенно при перевозке экспортных грузов через морские порты, является одним из узких мест в транспортной системе страны.

В неблагоприятные периоды на подходах к припортовым станциям по сети дорог ежедневно простаивают в ожидании приема до 200 "брошенных" поездов, а на самих перегрузочных станциях – до 5000 вагонов в ожидании перегрузки. Неритмичный и несогласованный подвод грузов к пунктам перевалки возникает из-за отсутствия единого транспортного конвейера, разобщенности видов собственности и систем управления транспорта и других субъектов, участвующих в технологическом процессе перевозки.

По структурным и функциональным особенностям целесообразно выделить по три зоны взаимодействия со стороны морского и железнодорожного транспорта (рис. 1). Зоны дальнего, среднего и ближнего взаимодействия имеют свои особенности, хотя все они должны функционировать как подсистемы одной системы.



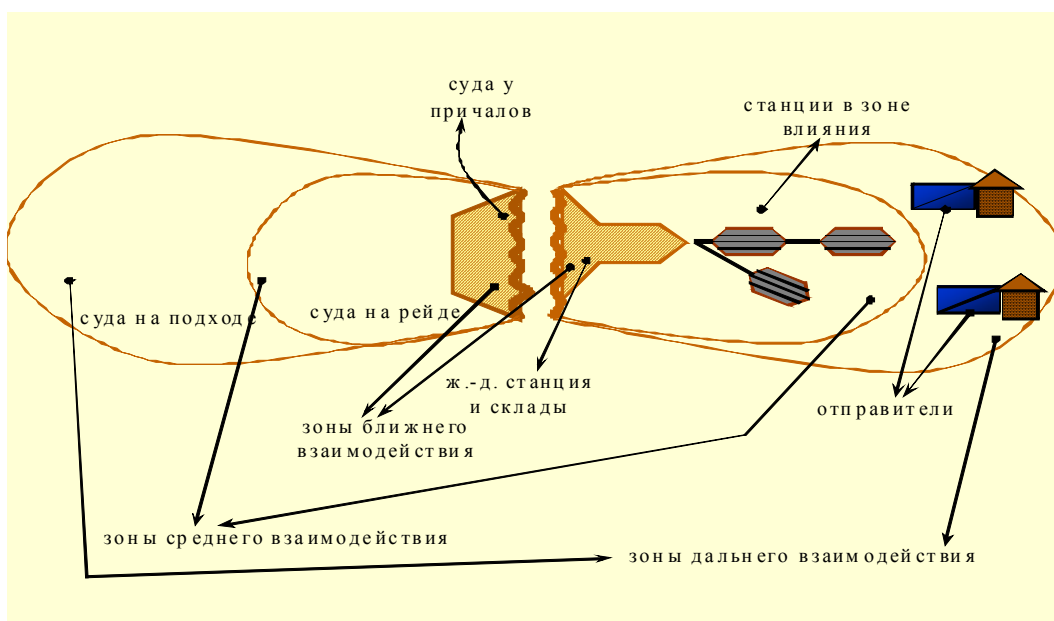


Рис. 1. Структура зон взаимодействия

Степень управляемости процессов в железнодорожной подсистеме значительно выше, потому что поток разбивается на большее число струй (для погрузки одного судна требуется несколько десятков железнодорожных составов (рис. 2)).

Оптимизацию подвода составов в дальней зоне предлагается осуществлять с помощью метода динамического согласования МДС [1, 2]. Построение управляемой технологии в средней и ближней зонах рекомендуется осуществлять с помощью специально разработанного имитационного метода динамического согласования И-МДС, который дает возможность выстраивать технологические цепочки по конечным ритмам.

Морской транспорт			Железнодорожный транспорт		
Дальняя зона	Средняя зона	Ближняя зона	Ближняя зона	Средняя зона	Дальняя зона
Согласование подвода судов	Управление судами в акватории	Гибкий режим погрузки	Управление подачей вагонов на фронты	Управляемый подвод групп вагонов	Согласованный подвод составов

Рис. 2. Размах возможного управления процессами во взаимодействующих системах

То есть операции по подаче грузов со складов, станционных путей и станций средней зоны должны начинаться таким образом, чтобы заканчивались они в соответствии с ритмами погрузки.

На подробной модели припортовой станции Новороссийск проводилось исследование влияния адаптивного управления на параметры взаимодействия.

Работа воспроизводилась в течение 10 суток, а потом результаты усреднялись. При этом имитировались три ситуации:

- 1) "неуправляемая" работа, то есть управляемая, но без применения оптимизирующих процедур;
- 2) с применением метода МДС;
- 3) с применением метода И-МДС.

Согласование технологий отражается на всех показателях работы. При согласовании возрастает производительность станции и существенно падают простои вагонов (рис. 3).

Рис. 3. Снижение времени нахождения вагонов на станции за счет применения методов МДС и И-МДС

Это происходит, в основном, из-за снижения задержек при выполнении операций (рис. 4).

Если рассмотреть устройства, вызывающие наибольшие задержки, то особенно эффективным является метод И-МДС (рис. 5). Это и естественно, так как он непосредственно выстраивает технологические цепочки по конечным ритмам. Существенно меняется характер использования устройств и, в первую очередь, путей. Уменьшается занятость межоперационными простоями – и возрастает полезная занятость технологическими операциями.

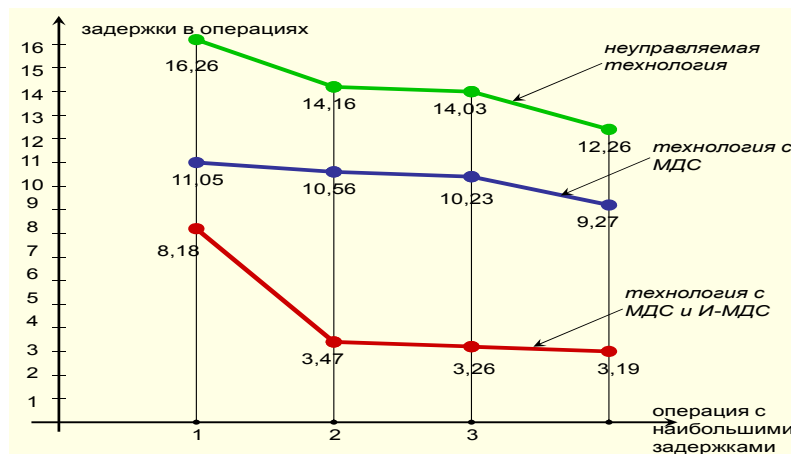


Рис. 4. Уменьшение задержек при выполнении операций

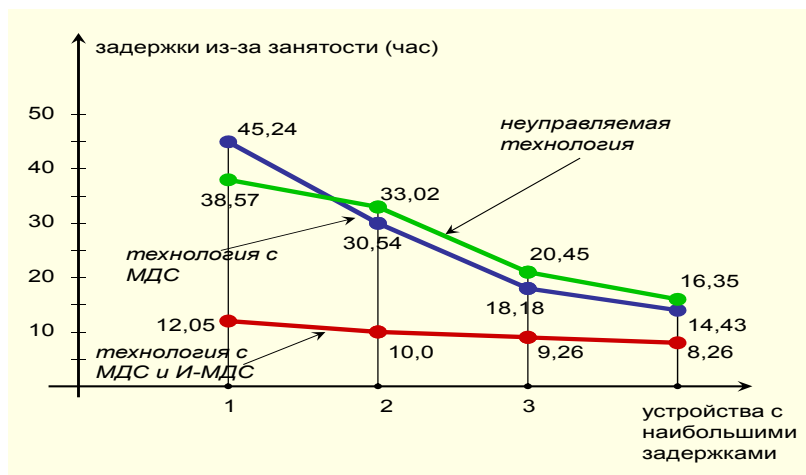


Рис. 5. Снижение влияния "узких мест"

Таким образом, применение оптимизирующих процедур позволит существенно улучшить параметры взаимодействия. Для этого методы МДС и И-МДС необходимо встраивать в соответствующие АСУ.

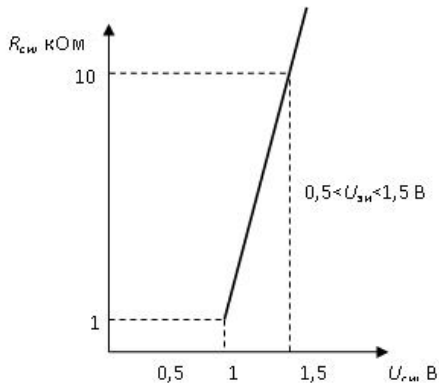
#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миловидов С. П., Козлов П. А. Динамическая транспортная задача с задержками в сетевой постановке. М: Изв. АН СССР, Техн. кибернетика, № 1, 1982. – С. 211-212.
2. Миловидов С. П., Козлов П. А. Оптимизация структуры транспортных потоков в динамике при приоритете потребителей. – М: Экономика и математические методы, 1982, т. XVIII, вып. 3. – С. 521-531.

# ВОПРОСЫ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКОВ ТОКСИЧНЫХ ГАЗОВ

ВИНДЕКЕР А. В., ГУСАКИН А. А., СКОБЦОВ С. Н.  
 ГОУ ВПО "Уральский государственный горный университет"

Опыт эксплуатации датчиков токсичных газов в условиях широкого диапазона изменения внешней температуры показал крайне выраженную зависимость результатов измерений от внешней температуры. Экспериментальная проверка указанной зависимости для датчика оксида углерода (*CO*) на основе сенсора *MONOX* показала, что в диапазоне температур от  $-40$  до  $+25$  °C коэффициент передачи изменяется в несколько раз, причем зависимость от температуры близка к линейной! В точных приборах компенсация температурного дрейфа основывается на использовании микроконтроллерного управления коэффициентом передачи по сигналу какого-либо датчика температуры. В тех случаях, где допустимая ошибка измерения концентрации составляет величину порядка 5-10 %, возможно использование параметрических методов температурной компенсации. Наиболее эффективно в этом плане использование температурно-зависимого аттенуатора в цепи



отрицательной обратной связи, где в качестве одного из элементов используется регулируемое сопротивление канала полевого транзистора. Характеризуется зависимостью этого сопротивления от напряжения на затворе, снятой для транзистора типа КП 303В, имеет линейный характер (рис. 1). На рис. 2 приведен фрагмент схемы, реализующей указанный способ температурной коррекции.

Рис. 1. Зависимость сопротивления от напряжения на затворе полевого транзистора

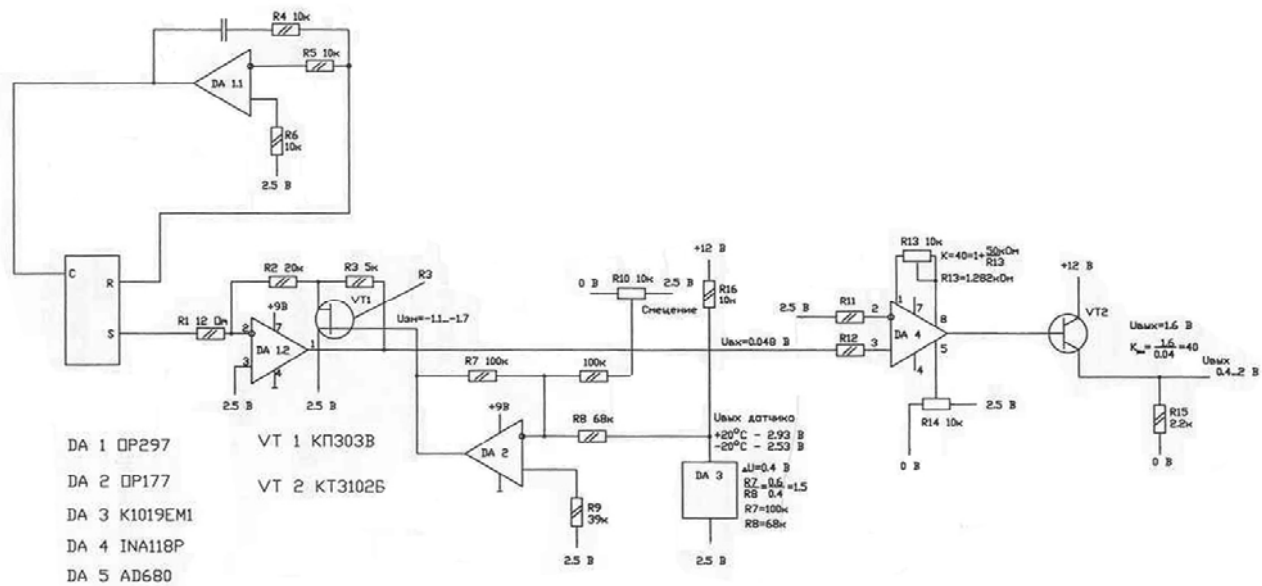


Рис. 2. Схема стабилизации параметров токсичных газов

Операционный усилитель *DA1*, преобразующий ток от сенсора в выходное напряжение. Коэффициент преобразования определяется величиной сопротивления резистора обратной связи *R1* и температурно-зависимым коэффициентом передачи, определяемым делителем напряжения *R2-R<sub>сш</sub>* *VT1*. Отрицательное напряжение на затворе, зависимое от температуры формируемое на выходе инвертируемого усилителем *DA2*, ко входу которого подключен интегральный датчик температуры *DA3* (*K1019EM1*). Выходное напряжение датчика в диапазоне  $-40 < t < +20$  °C составляет 2,33-2,93 В, соответственно. Потенциометром *R4* напряжение на выходе *DA2* смещается в область нужных напряжений на затворе полевого транзистора.