

В.А. УЛЬШИН, д-р техн. наук

(Восточнoукраїнський національний університет ім. В.Даля)

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УГЛЕБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

В современных условиях неопределенности, порожденной рыночной стихией, значительно возросли трудности получения товарных продуктов заданного качества при ограничениях на потери горючей массы с отходами обогащения и другими ограничениями. Опыт работы показал, что эффективным путем совершенствования производства является автоматизация. При этом установлено, что автоматизация отдельных процессов не может полностью использовать имеющиеся резервы повышения эффективности производства, поскольку всегда находятся "узкие места", снижающие общие показатели. Поэтому одним из направлений повышения эффективности работы углеобогажительных фабрик является их системная автоматизация, включающая автоматизацию отдельных технологических аппаратов, процессов, производства в целом и административно-экономической деятельности.

Целью статьи является разработка концепции системной автоматизации углеобогажительных фабрик. Для этого следует решить следующие основные задачи:

- екомпозиция углеобогажительной фабрики (УОФ) как объекта автоматизированного управления на иерархически подчиненные уровни;
- выбор глобального критерия управления фабрикой и иерархию локальных критериев в соответствии с декомпозицией объекта управления;
- обоснование и разработка методов автоматического и автоматизированного управления фабрикой и отдельными ее подсистемами.

Декомпозиция объекта управления. При декомпозиции углеобогажительной фабрики на уровни управления не удастся унифицировать технологические схемы фабрик, поскольку технологические схемы существенно отличаются в зависимости от марки обогащаемого угля и его назначения. Самая сложная задача управления технологическими процессами при обогащении коксующихся углей, когда товарный продукт образуется путем смешивания концентрата разных машинных классов. Тем не менее, при декомпозиции можно рассматривать обобщенную технологическую схему фабрики, включающую все возможные операции и технологические процессы.

Рассматривая фабрику как сложную систему, по функциональному признаку целесообразно выделить два уровня: первый, верхний уровень организационно-экономической деятельности и второй – собственно производство. Верхний уровень включает все функциональные подразделения, обеспечивающие нормальную деятельность фабрики. К ним относятся бухгалтерия и отделы: плановый, кадров, маркетинга, комплектации, главного механика, главного энергетика, эколога и др.

Автоматизация та управління процесами збагачення

Производство фабрики является весьма сложным многоуровневым объектом управления, декомпозиция которого по технологическому признаку позволяет выделить три уровня. Нижний уровень образуют отдельные машины и аппараты: отсадочные машины, аппараты для обогащения в тяжелых средах (сепараторы и гидроциклоны), аппараты и машины для обогащения шлама (фло-тационные машины, центрифуги и др.), сгустители, обезвоживающие аппараты (вакуум-фильтры, пресс-фильтры, ленточные фильтры и др.).

Второй уровень образуют технологические процессы, содержащие комплекс машин и аппаратов для обогащения углей разных классов: обогащение в отсадочных машинах, в тяжелых средах и обогащение шлама. В данном случае в процесс включаются все вспомогательные процессы и оборудование, обеспечивающие выполнение всех функций.

Третий, верхний уровень образует комплекс технологических процессов, который обеспечивает требуемый результат, непосредственно зависящий от качества функционирования входящих в него технологических процессов. К таким комплексам относится, например, комплекс всех процессов обогащения, когда концентрат каждого из машинного класса смешивается с целью получения общего концентрата с заданными характеристиками. Кроме того, такими комплексами являются углеприем и углеподготовка, погрузка, породный комплекс, водно-шламовый комплекс, сушка угля и др.

Таким образом, в целом функционирование обогатительной фабрики как объекта управления можно рассматривать как сложную систему, в которой выделяются пять уровней: уровень организационно-экономического управления и уровень производства, в свою очередь имеющий тоже три уровня.

Критерии управления. Для достижения максимальной эффективности управление следует построить таким образом, чтобы критерий управления достигал экстремума. В качестве критерия управления фабрикой обычно принимают экономические показатели: прибыль, себестоимость продукции, выпуск концентрата и т.п. при соответствующих ограничениях. Наиболее целесообразно представляется выбрать в качестве критерия прибыль при соответствующих ограничениях. Ограничениями могут быть: получение концентрата заданной зольности, влажности, коксуетности и др. характеризующие показатели качества продукции. Другим ограничением может быть получение заданного объема продукции, количество вредных выбросов в окружающую среду, энергопотребление и др.

Тогда целью управления служит максимизация прибыли при соответствующих ограничениях. Однако цель достигается в результате работы всего производственного комплекса и профессионального административного управления. Поэтому на каждом из уровней должны быть определены свои локальные критерии и цели управления, поддержание которых обеспечивает достижение общей цели управления. Это достигается при условии подчинения локальных критериев глобальному критерию управления фабрикой в целом. Тогда на локальные критерии накладываются дополнительные ограничения, обусловленные глобальным критерием.

Локальные критерии можно сформировать, исходя из общей цели управления фабрикой, начиная с верхнего локального критерия управления производством. Поскольку глобальный критерий имеет экономический характер, оперативное управление с его использованием невозможно. Поэтому локальный критерий управления производством должен допускать его контроль в реальном масштабе времени, поэтому для его оперативного контроля необходимо измерение соответствующих показателей в реальном масштабе времени. В качестве критерия управления можно использовать производительность фабрики при следующих ограничениях: должно обеспечиваться заданное качество (например, зольность и влажность концентрата, потери горючей массы с отходами обогащения и др.) продукции при необходимом объеме переработки рядовых углей. Тогда для оперативного определения этого критерия достаточно измерять показатели качества, производительность фабрики и время работы, что вполне реализуемо. Цель управления при этом – максимум критерия, т.е. максимум текущей производительности при указанных ограничениях.

При такой постановке задачи управления издержки на управленческие функции можно минимизировать, решая автономную задачу верхней подсистемы управления административно-экономической деятельностью, поскольку оба эти критерия можно рассматривать как аддитивные, чего нельзя утверждать относительно технологических критериев производственного комплекса.

Рассмотрим критерии управления нижними уровнями производственного комплекса. Верхний уровень этого комплекса является отдельный комплекс машин, аппаратов и оборудования, обеспечивающий функционально законченный процесс. Основным комплексом являются процессы обогащения. Критерий управления этим комплексом зависит от назначения концентрата и марки обогащаемых углей. Если обогащаются коксующиеся угли, предназначенные для производства кокса, то после обогащения разных машинных классов их концентраты смешиваются. Поэтому критерием управления этим комплексом можно принять выход суммарного концентрата заданного качества, а целью управления – его максимизацию. В случае отдельной реализации концентрата, например, при обогащении антрацита, приведенный выше критерий можно использовать применительно к каждому машинному классу. В этом случае общий критерий управления является аддитивным, слагаясь из критериев управления процессами обогащения по всем машинным классам.

Критерий управления технологическим процессом, входящим в комплекс обогатительных процессов, в основном соответствует критерию управления комплексом, однако отличается в зависимости от того, работает он автономно или в комплексе по единому критерию. Если процесс обогащения входит в состав общего процесса, например, при обогащении коксующихся углей, когда концентрат всех машинных классов подлежит смешиванию, то критерий должен учитывать общие требования к качеству продукции. Поэтому формально критерий предусматривает необходимость максимального выхода концентрата, но его качество диктуется вышестоящей иерархией. В случае же отдельной реализации концентрата, например, при обогащении антрацитов, то критерий

Автоматизация та управління процесами збагачення

управления каждым процессом полностью совпадает с общим критерием управления комплексом.

На нижнем уровне иерархии отдельным аппаратом или машиной критерий зависит от степени совершенства системы управления и уровня развития соответствующего научного направления. Если такой объект допускает управление по качеству продуктов обогащения, то критерий управления им совпадает с критерием управления процессом, в составе которого функционирует этот объект. Например, система управления отсадочной машиной автоматически обеспечивает заданную зольность концентрата, промпродукта и породы, то критерий управления в этом случае полностью совпадает с критерием управления процессом обогащения отсадкой. Разница заключается лишь в том, что в технологическом процессе обычно задействовано несколько параллельно работающих машин. Тогда возникает задача управления параллельно работающими машинами, особенно при разных их характеристиках.

В случае невозможности управления по качеству конечных продуктов обогащения, что в большинстве случаев имеет место, управление осуществляется по косвенным параметрам, тесно коррелированным с качеством концентрата. Например, отсадочной машиной управляют путем стабилизации высоты породной постели и степени ее разрыхленности, тяжелосредной установкой – путем стабилизации плотности магнетитовой суспензии, а флотацией – дозированием реагентов собирателя и пенообразователя. Причем, указанные функции выполняются регуляторами и в том случае, если существует система автоматического управления качеством продукции (зольности концентрата процессов обогащения, влажности при сушке угля и др.), т.е. система автоматического управления процессом становится двухуровневой. Это решение обеспечивает возможность управления процессом в случае выхода из строя технических средств контроля показателей качества, автоматически переводя работу систему в режим стабилизации соответствующего режимного параметра. По такому принципу функционирует аппаратура, созданная в конце 80-х годов институтом "НИПИУглеавтоматизация".

Опыт работы по автоматизации углеобогатительных фабрик показал, что автоматизация основных процессов не может обеспечить надлежащий эффект без системного решения проблемы автоматизации фабрики в целом. Остальные процессы, хотя меньше влияют на показатели качества продукции, однако составляют заметный вес в себестоимости. Так, например, управление комплексом углеприема и углеподготовки является весьма трудоемким процессом, поскольку большинство операций выполняется вручную, для чего требуется большое количество операторов и рабочих. Поэтому подобные вспомогательные комплексы содержат значительные резервы повышения эффективности, что может быть реализовано при их автоматизации. В табл. 1 приведены основные комплексы обогатительных фабрик, цели управления и основные функции систем автоматического управления.

Цели и функции управления технологическими комплексами

№ п/п	Наименование комплекса	Цель управления и ограничения	Функции системы автоматического управления
1	Углеприем	Максимальная производительность, минимальная трудоемкость	Автоматическая разгрузка вагонов. Автоматическая загрузка аккумулярующих бункеров
2	Углеподготовка	Оптимизация состава смеси рядовых углей по критерию максимума выхода концентрата заданной зольности	Стабилизация нагрузки на секцию фабрики. Стабилизация заданного долевого участия шахтогруп. Стабилизация заданной производительности дозаторов
3	Комплекс процессов обогащения	Максимальный выход суммарного концентрата заданной зольности при ограничениях на потери горючей массы с отходами	Оптимизация комплекса процессов обогащения. Стабилизация зольности концентрата каждого процесса в соответствии с задачей оптимизации.
4	Сушка угля	Максимальный коэффициент полезного действия при заданной влажности высушенного угля и ограничениях на выбросы в атмосферу	Стабилизация влажности высушенного угля. Регулирование температуры сушильного агента в заданном диапазоне, стабилизация степени разрежения в топке
5	Водошламовый комплекс	Поддержание заданной концентрации твердой фазы в оборотной воде при минимуме ее потерь	Стабилизация заданной концентрации твердой фазы в осветленной воде, поддержание в заданном диапазоне плотности сгущенного продукта
6	Погрузка	Максимальная производительность и минимальная трудоемкость	Автоматическая подача вагонов, автоматическая равномерная загрузка по всей площади вагона
7	Поточно-транспортная система	Минимальная трудоемкость	Централизованное управление с возможностью выбора маршрутов

Повышение эффективности функционирования комплексов оборудования для углеприема, углеподготовки и погрузки невозможно обеспечить без системного решения всех задач. Это возможно только при разработке автоматизированных комплексов, в которых системно решены задачи механизации и автоматизации, где средства автоматики органично сочетаются с механическими узлами и представляют единое целое с ними. Тогда можно не предусматривать ручное управление комплексом, кроме как при проведении наладочных и ремонтных работ. В таком случае нужда заставит вести надлежащее обслуживание не только механику, но и автоматику, что зачастую не соблюдается на практике.

Такой принцип не соблюдается до настоящего времени и для другого оборудования. Обычно машины и аппараты выпускаются заводами без встроенных средств автоматики. Аппаратура автоматизации выпускается другими заводами, и в лучшем случае проектировщиками приспособляется к соответствующему процессу. Исключением является выпуск отсадочных машин, имеющих встроенные регуляторы высоты породной постели. Отсутствие системности при произ-

Автоматизация та управління процесами збагачення

водстве оборудования для обогатительных фабрик приводит к тому, что при внедрении комплексной аппаратуры автоматизации ее приходится на месте приспособлять к существующему оборудованию и даже к отсадочной машине.

Уровень административно-экономического управления фабрикой предназначен для автоматизации документооборота и поддержки принятия решений в условиях неопределенности и неполной информации, которые характерны для функционирования углеобогатительной фабрики. В табл. 2 приведены основные подсистемы и их функции верхнего уровня управления.

Таблица 2

Основные подсистемы и функции верхнего уровня управления

№ п/п	Наименование подсистемы	Основные функции
1	Планирование	Оперативное планирование. Прогнозирование и стратегическое планирование развития. Контроль использования трудовых и материальных ресурсов. Расчеты экономических показателей. Формирование документов
2	Бухгалтерский учет и отчетность	Учет основных фондов. Учет материальных ценностей. Учет рабочего времени. Начисление зарплаты. Формирование документов
3	Материально-техническое снабжение	Планирование материального обеспечения производства. Организация материально-технического снабжения. Формирование документов
4	Маркетинг	Изучение рынка сбыта продукции. Участие в тендерах. Заключение договоров. Формирование документов
5	Служба главного механика	Разработка графиков текущего, среднего и капитального ремонтов. Планирование замены оборудования. Контроль и анализ работы оборудования. Определение фактических сроков службы и межремонтных периодов Формирование документов
6	Служба главного энергетика	Планирование энергопотребления. Планирование ремонта энергетических систем. Оперативный контроль и анализ энергопотребления. Учет количества и качества израсходованной электроэнергии и других энергоносителей. Совершенствование энергетической системы Формирование документов
7	Экологическая служба	Планирование вредных выбросов в окружающую среду. Оперативный контроль и учет выбросов. Формирование отчета об экологической ситуации
8	Кадры	Подбор и учет кадров. Планирование кадрового обеспечения. Оформление документов

Методи управління. Управление фабрикой является весьма сложной задачей, поскольку руководители не имеют полной оперативной информации о результатах деятельности. Информация о технико-экономических показателях всегда запаздывает, так как не может определяться в реальном масштабе времени, а показатели технологических процессов из-за отсутствия технических средств, например, зольность и влажность концентрата определяют после отбора проб и их лабораторного анализа. Кроме того, в условиях рынка невозможно надежно планировать поступление рядовых углей, поэтому принимать решения по управлению приходится в условиях неопределенности.

В таких условиях наиболее эффективным является использование методов искусственного интеллекта, в частности экспертной системы поддержки принятия решений, использующей опыт работы специалистов и возникающих прецедентов. Такая система допускает обучение, в результате чего при прошествии определенного времени она способна формировать квалифицированный совет по принятию решений.

Условия неопределенности оказывают негативное влияние и на технологические процессы. Одним из основных таких процессов является подготовка шихты рядовых углей, состав которой существенно влияет на качество конечных продуктов обогащения. При плановом обеспечении сырьем показатели обогащения рассчитывались заранее, поэтому особых проблем не возникало. Однако в условиях неопределенности необходимо эту задачу решать оперативно, что требует совершенствования методов расчета оптимальных показателей обогащения с учетом технологической схемы фабрики и характеристик используемого технологического оборудования. Существующие графические и экспериментальные методы расчета не позволяют оперативно решать задачу шихтования, поэтому необходимы аналитические методы. Это особенно актуально в связи с тем, что отсутствует полная информация о фракционном и гранулометрическом составах рядовых углей, которая должна быть восстановлена также аналитически.

Технологические процессы обогатительных фабрик весьма сложно автоматизировать, чтобы получать концентрат заданного качества. Это обусловлено двумя факторами: во-первых, сложностью контроля зольности и влажности угля в технологических потоках; во-вторых, сложностью динамических свойств процессов как объектов автоматического управления.

Зольность угля определяют по измеренной плотности, коррелированной с зольностью, в основном с использованием радиоактивного излучения, что требует настройки на определенную марку угля. Однако при неопределенности поставок это приводит к большим погрешностям, поэтому при расчетах с потребителями этот метод не пригоден. Кроме того, оперативный контроль зольности угля в технологическом потоке требует формирования потока и контроля процесса самого измерения. Аналогичные трудности существуют и при измерении влажности угля. Используемые высокочастотные методы измеряют диэлектрическую проницаемость, коррелированную с влажностью, поэтому изменение диэлектрических свойств твердой фазы материала вносит значительную

Автоматизация та управління процесами збагачення

погрешность. Поэтому существующие методы измерений можно использовать только для технологического контроля.

Динамические свойства процессов обогащения как объекты автоматического управления характеризуются нестационарными параметрами, зависящими от характеристик обогащаемого угля, зачастую не измеряемыми возмущающими воздействиями с неизвестными нестационарными вероятностными характеристиками, что не позволяет использовать классические методы синтеза систем автоматического управления. Кроме того, информация о качестве обогащенного или высушенного угля подается в управляющее устройство с большим запаздыванием, так как измерение зольности невозможно в технологическом оборудовании. Время транспортного запаздывания информации о качестве продуктов обогащения может даже превышать постоянную времени процесса, что не позволяет синтезировать устойчивую систему.

В связи с особенностями процессов обогащения как объектов автоматического управления рекомендуется следующая концепция автоматизации. Система автоматического управления процессом обогащения имеет двухуровневую иерархическую структуру: первый уровень образуют системы автоматического регулирования режимными параметрами, а верхний – автоматическое поддержание заданной зольности концентрата. В связи с низкой надежностью или отсутствием средств контроля зольности всегда обеспечивается регулирование режимного параметра, коррелированного с зольностью концентрата. В случае использования верхнего уровня регулирования зольности предусмотрено автоматическое отключение этого контура в случае нарушения условий измерений (снижения толщины измеряемого слоя, отсутствия сформированного слоя) или отказа датчика зольности.

Для устойчивой работы системы используются предложенные методы адаптивного управления с так называемой вероятностной обратной связью на основе классификации наблюдаемых возмущений как математических смесей распределений. В случаях неконтролируемых возмущений эффективной оказалась адаптивная система с прогнозирующей самообучающейся моделью объекта управления. При этом управление ведется по выходному сигналу модели без учета чистого запаздывания, а обучение модели ведется по разности сигналов датчика зольности и модели. Подобный алгоритм использован также и при автоматизации барабанных сушильных установок с управлением влажностью высушенного угля. Структура систем автоматического управления наиболее сложными процессами приведена в табл. 3.

Реализация автоматизированной системы управления углеобогатительной фабрикой (АСУ УОФ) предлагается на основе распределенной системы средств вычислительной техники, объединенных в компьютерную сеть. На верхнем уровне целесообразно использовать систему в виде автоматизированных рабочих мест (АРМ) каждой подсистемы с распределенной базой данных. Кроме специальных служб АРМ имеют директор и его заместители. Хранение и обработка информации может осуществляться в специально выделенном для этого автономном компьютере с ограниченным доступом.

Структура систем управління основними процесами

Наименование технологического процесса	Подсистемы (контуры) регулирования
Обогащение в отсадочных машинах	Система – регулирование зольности концентрата. Подсистемы: 1) регулирование высоты породной постели; 2) регулирование степени разрыхления породной постели
Обогащение в тяжелой жидкости (магнетитовой суспензии)	Система – регулирование зольности концентрата. Подсистемы: 1) регулирование плотности суспензии; 2) регулирование вязкости суспензии
Обогащение флотацией	Система – регулирование зольности концентрата. Поддержание зольности отходов не ниже заданной. Подсистемы; 1) регулирование расхода реагента собирателя; 2) регулирование расхода реагента пенообразователя; 3) регулирование уровня суспензии в камере флотомашин
Обезвоживание концентрата	Система – регулирование влажности обезвоженного продукта (в вакуум-фильтре, пресс-фильтре, ленточном фильтре, центрифуге). Подсистемы: 1) регулирование уровня в ванне вакуум-фильтра; 2) регулирование вакуума; 3) регулирование производительности
Сушка концентрата процесса флотации	Система – регулирование влажности высушенного угля. Подсистемы: 1) регулирование степени разрежения; 2) регулирование температуры сушильного агента; 3) регулирования производительности
Водошламовый комплекс	Система – регулирование содержания твердой фазы в оборотной воде. Подсистемы: 1) регулирование содержания твердой фазы в сливе сгустителя; 2) регулирование плотности сгущенного продукта сгустителя; 3) регулирование уровня пульпы в ванне сгустителя

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП) строится также на основе распределенных средств вычислительной техники, объединенных в управляющую компьютерную сеть. Каждый оператор процесса оснащается АРМ, с которого не только контролирует функционирование процесса, но и управляет им дистанционно. В зависимости от конкретных условий для управления процессом, включающим множество оборудования одинакового назначения, могут использоваться экспертные системы поддержки принятия решений. Кроме функций контроля управления в каждой подсистеме предусматривается диагностика состояния оборудования и технологических показателей.

Для координации работы технологического комплекса фабрики АРМ диспетчера позволяет дистанционно управлять поточно-транспортной системой фабрики, назначать режимные параметры процессов и качественные и количественные показатели и др. Управляющая компьютерная сеть через модем подключена к общей сети фабрики, что позволяет руководству при необходимости контролировать не только интегральные показатели производства, но и текущую ситуацию.

Автоматизація та управління процесами збагачення

Нестационарные параметры процессов обогащения, обезвоживания и сушки позволяют рассматривать эти процессы как объекты с нечеткой, размытой информацией. Поэтому перспективным направлением дальнейшего развития теории автоматического управления этими процессами является использование нечетких регуляторов. Использование нечетких регуляторов значительно упрощает синтез систем управления такими сложными объектами, которые представляют собой многие технологические процессы обогатительных фабрик. В этом случае проблемы устойчивости по существу не существует и существует возможность создания универсальных систем для управления любыми процессами.

Выводы

1. Углеобогатительная фабрика как объект автоматизированного управления относится к классу сложных (больших) иерархических систем. При создании АСУ УОФ целесообразно выделить два уровня управления: верхний уровень административно-экономического управления и нижний – управление производством в целом.

2. Производственный комплекс УОФ представляет сложную систему, в которой удобно выделить несколько иерархических уровней: производство в целом, включающее все технологические процессы, комплексы и оборудование; отдельные процессы, включающие все оборудование для выполнения технологических функций; группу оборудования одинакового назначения (например, отсадочных, флотационных и др. машин, работающих на общий продукт); отдельная машина или аппарат и отдельный режимный параметр (например, плотность суспензии, высота породной постели отсадочной машины и т.п.).

3. В качестве глобального критерия управления фабрикой целесообразно использовать экономический показатель (предлагается прибыль), которому должны быть подчинены локальные критерии управления всех иерархически подчиненных подсистем. Критерии управления производственными операциями имеют технологический характер, коррелированы с глобальным критерием, который рассматривается в качестве ограничений.

4. Для автоматизированного управления УОФ целесообразно использовать интегрированную АСУ с выделением подсистем в соответствии с ее декомпозицией как объекта управления, оснащенных АРМ, объединенных на верхнем уровне в компьютерную сеть, а на нижнем уровне управления производством – в управляющую компьютерную сеть, объединенной с компьютерной сетью через модем.

5. Наиболее сложные процессы (обогащение, обезвоживание и сушка угля) как объекты автоматического управления имеют нестационарные параметры с большим чистым запаздыванием информации о качестве продуктов зачастую с ненаблюдаемыми, неизвестными и нестационарными вероятностными характеристиками возмущений.

6. Для автоматического управления такими процессами предложены адаптивные системы с использованием методов искусственного интеллекта и вероятностных алгоритмов управления с идентификацией характеристик возмущений как математических смесей.

7. Для управления УОФ, производством и отдельными технологическими процессами в условиях неопределенности и неполной информации, характерных для УОФ, рекомендуется использовать экспертные системы поддержки принятия решений, использующие практические знания специалистов и способных к обучению на основе прецедентов.

8. Перспективным направлением совершенствования систем автоматического управления технологическими процессами УОФ является использование нечетких регуляторов, что упрощает синтез устойчивых систем при неполной и размытой информации.

Список литературы

1. **Ульшин В.А., Довженко В.П., Бардамид В.И., Сапельников М.В.** Исследование процесса горения твердого топлива в слоевой топке // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2008. – № 1(16). – С. 101-105.

2. **Ульшин В.А., Гавриш А.И., Кобец Д.В.** Оптимальное управление производительностью автодозаторов на УОФ // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. – 2007. – № 12(118). – С. 232-236.

3. **Ульшин В.А., Юрков Д.А., Фалалеев А.Н.** О математическом моделировании сложных человеко-машинных систем // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім.В.Даля. 2008. – Частина перша — № 9(127). –С.134-142.

4. **Ульшин В.А., проф., Довженко В.П., Бардамид В.И., Сапельников М.В.** Исследование процесса сушки угля как процесса управления // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. – 2008. – № 1(119). – С. 205-214.

5. **Письменский А.В., Ульшин В.А.** Синтез цифрового регулятора стабилизации уровня осадка радиального сгустителя // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2000. – №1(131). – С.127-136.

6. **Ульшин В.А., Шульгин С.К.** Алгоритм управления процессом флотации угольных шламов // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2000. – №1 (131). – С. 209-214.

7. **Ульшин В.А., Пожидаев В.Ф., Грачев О.В.** Синтез задач шихтования и оптимизации схемы обогатительной фабрики // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2002. – №1 (131). – С.243-250.

8. **Ульшин В.А., Зубов А.А.** Оценка экологического состояниязагрязнения шахтных вод тяжелыми металлами // Матеріали четвертої всеукраїнської наукової конференції "Гідрологія, гідрохімія, гіроекологія".Луганськ, 29 вересня-2 жовтня 2009р.

9. **Ульшин В.А., Шульгин С.К.** Комбинированная система автоматического управления процессом флотации угля // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації (Науковий журнал). – 2009. – №2. – Ч.П.(20). – С. 83-86.

10. **Письменский А.В., Ульшин В.А.** Программное обеспечение автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора по обслуживанию радиальных сгустителей // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. – 2007. – Частина друга. – 2005. – № 2(15). – С.95-100.

11. **Ульшин В.А., Худяков В.Н.** Синтез системы автоматического управления процессом сгущения шламовых вод и осветления отходов флотации // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. – 2007. – № 11(117). – С.197-204.

© Ульшин В.А., 2010

Надійшла до редколегії 26.02.2010 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом