МЕЖДУНАРОДНЫЙ СБОРНИК
НАУЧНЫХ ТРУДОВ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ В ПРОМЫШЛЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ

Часть II

Магнитогорск
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический
университет и. Г.И. Носова»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ В ПРОМЫШЛЕННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРАХ

Международный сборник научных трудов
Часть II

Магнитогорск
2011

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ СБОРНИКА

Главный редактор:

Вдовин Константин Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области металлургии, проректор по научной работе ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», **Россия**.

Научные редакторы:

Ячиков Игорь Михайлович – д-р техн. наук, член-корреспондент Уральского регионального отделения Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессор кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», руководитель государственного контракта П2402, **Россия**.

Логунова Оксана Сергеевна – д-р техн. наук, действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессор кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», **Россия**.

Редакционная коллегия сборника:

Сычков Александр Борисович – д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по технической политике Восточно-Европейского дивизиона ОАО «Мечел», **Румыния;**

Dr. Alexsander Schwarzkopf – RDI Industriemessgeraete GmbH, **Германия**;

Каландаров Палван Искандарович – д-р техн. наук, профессор, академик Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, заместитель директора, Узбекский государственный институт «Узтяжнефтегазхимпроект» при Министерстве экономики Республики Узбекистан, г. Ташкент, **Узбекистан**;

Скобцов Юрий Александрович – д-р техн. наук, профессор, член международного *НТО IEEE*, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления, Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, **Украина**;

Дмитриенко Валерий Дмитриевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры вычислительной техники и программирования, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, **Украина**;

Курочка Константин Сергеевич – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационные технологии», Учреждение образо-

вания «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, **Белоруссия**;
Макарычев Петр Петрович – д-р техн. наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заведующий кафедрой математического обеспечения и применения ЭВМ», ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, **Россия**;
Разинкина Елена Михайловна – д-р пед. наук, профессор, проректор по учебной работе ГОУ ВПО «МГТУ», г. Магнитогорск, **Россия**;
Девятов Диляур Хасанович – д-р техн. наук, профессор, действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, заведующий кафедрой вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ», г. Магнитогорск, **Россия**;
Парсункин Борис Николаевич – д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, действительный член Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессор кафедры промышленной кибернетики и систем управления ГОУ ВПО «МГТУ», г. Магнитогорск, **Россия**;
Филатов Владимир Викторович – д-р ист. наук, профессор, декан факультета экономики и права, заведующий кафедрой истории и социологии ГОУ ВПО «МГТУ», г. Магнитогорск, **Россия**.
Ответственный секретарь: **Егорова Людмила Геннадьевна** – канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ», **Россия**.

Ячиков
Игорь Михайлович

Вдовин
Константин Николаевич

Логунова
Оксана Сергеевна

Дорогие коллеги!

Редакционная коллегия рада приветствовать Вас на страницах Международного сборника трудов. «Математическое и программное обеспечение систем в промышленной социальной сферах».

Предпосылкой подготовки и издания сборника является проведение Правительством России Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009 – 2013 года. Финансирование научной деятельности позволило организовать апробацию результатов исследований для ведущих научных работников, аспирантов, соискателей и студентов. Инициатором издания выступили работники кафедры вычислительной техники и прикладной математики (ВТиПМ) ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Эта инициатива нашла поддержку у руководства вуза и работников других кафедр. Сборник является логическим продолжение работы заведующего кафедрой ВТиПМ, доктора технических наук, профессора Девятова Диляура Хасановича, по инициативе которого в 2003 и 2004 годах был подготовлен и издан сборник трудов «Новые программные средства для предприятий Урала», в 2005 и 2007 годах – «Создание и внедрение корпоративных информационных систем (КИС) на промышленных предприятиях Российской Федерации»; в 2006 – «Разработка новых программных средств для предприятий Урала».

Активное поступление работ в сборник позволило напечатать его в трех частях, в которые вошли семь разделов. Часть I включает в себя разделы: «1 – Тенденции развития математического и программного обеспечения систем промышленной и социальной сфер»; «2 – Математическое моделирование систем в промышленной сфере: цветная и черная металлургия, транспорт, промышленные системы автома-

тизации и навигации, промышленная теплоэнергетика, нефтегазохимическая промышленность». Часть II включает в себя разделы: «3 – Проектные решения и реализация программного обеспечения для промышленной сферы: цветная и черная металлургия, транспорт, промышленные системы автоматизации и навигации, промышленная теплоэнергетика, нефтегазохимическая промышленность»; «4 – Имитационное моделирование объектов и процессов в промышленной сфере»; «5 – Математическое и программное обеспечение цифровой обработки изображений и сигналов»; «6 – Имитационное моделирование объектов и процессов в социальной сфере». Часть III включает в себя раздел «7 – Моделирование объектов и процессов в системе непрерывного профессионального образования» с обсуждением материалов на электронной конференции.

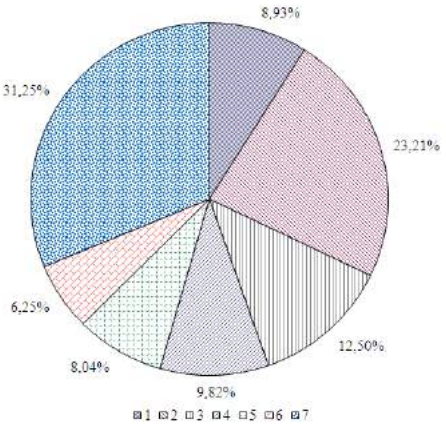


Рис. 1. Процентное соотношения количества работ представленных в сборник

Статический анализ структуры сборника показал, что предлагаемая тематика вызвала большой интерес различных групп научных сотрудников практически на всей территории России и за ее пределами. На рис. 1 представлена структура сборника по разделам.

На рис. 2 показана структура авторского состава, предоставивших работы для апробации. Следует отметить высокую активность докторов (23%) и кандидатов (37%) наук, принявших уча-

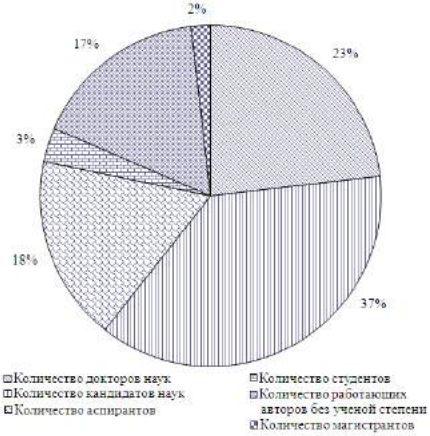


Рис. 2. Структура авторского состава Международного сборника научных трудов

стие в подготовке работ в сборник. Интересными и содержательными являются работы, объединяющие специалистов различных отраслей. В сборнике представлены работы научных коллективов, включающих докторов физико-математических наук, педагогических наук; докторов технических наук и кандидатов биологических наук. Такое творческое сотрудничество позволяет изменить традиционные подходы к решению задач, принятых в рассматриваемой области, и создать новые технологии, методы и методики для их реализации.

Научные редакторы отмечают широкую территориальную распределенность авторов сборника. На рис. 3 приведена картодиаграмма представленных работ. На рис. 3 треугольником отмечены города, области, регионы и страны участники. Особую благодарность мы выносим зарубежным участникам проекта, проявившим высокую активность в подготовке и редактировании сборника: д.т.н. П.И. Каландарову, А.Б. Сычкову и др. В сборнике представлены работы из шести стран: Россия, Узбекистан, Латвия, Украина, Румыния, Казахстан.

Рис. 3. Картодиаграмма распределенности авторов по территории России и за ее пределами

Всего в сборник представлено 112 работ из 34 городов России и зарубежья. Общее количество авторов составило 216 человек.

Благодарим всех принявших участие в подготовке сборника. Желаем эффективной работы и достижения новых творческих успехов!

Научные редакторы сборника

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ: ЦВЕТНАЯ И ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, ТРАНСПОРТ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ, ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА, НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Невозможно решить проблему на том же уровне, на котором она возникла. Нужно стать выше этой проблемы, поднявшись на следующий уровень.
Альберт Эйнштейн

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА АПО «УЗМЕТКОМБИНАТ» НА БАЗЕ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЗОВАННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

П.И. Каландаров, Г.И. Икрамов, Б.П. Искандаров
ГИ «Узтяжнефтегазхимпроект»
Узбекистан,100000, г. Ташкент, ул. Мустакиллик, д. 66,
uz-ogir@cron.uz

Программой модернизации технического и технологического перевооружения производства АПО «Узметкомбинат» предусматривается дальнейшее увеличение производственной мощности. На предприятии планируется получать с использованием новых технологий качественную первородную шихту, заменяющую дорогой и дефицитный стальной лом.

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF MODERNIZATION OF STEEL-SMELTING MANUFACTURE «UZMETKOMBINAT» ON THE BASIS OF RECEPTION METAL I RON-ORE OF RAW MATERIAL

P.I. Kalandarov, G.I. Ikramov, B.P. Iskandarov

The program of modernization of technical and technological reequipment of manufacture «Uzmetkombinat» provides the further increase in capacity. At the enterprise it is planned to receive with use of new technologies qualitative first-born a material, replacing expensive and scarce steel breakage.

Актуальность работы

Государственным институтом «Узтяжнефтегазхимпроект» Республики Узбекистан разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) проекта, предусматривающее создание комплекса по производству металлизованного продукта для обеспечения долгосрочной бесперебойной загрузки импортозамещающим сырьем действующего сталеплавильного производства АПО «Узметкомбинат» с организацией добычи железой руды из месторождения Сюрената в Ташкентской области объемом 1,5 млн т в год.

Рассмотрены четыре технологии производства металлизованных продуктов, в том числе технологии Мидрекс (США) и ХИЛ (Мексика), предназначенные для производства металлизованных окатышей с использованием природного газа в качестве восстановителя железа, и технологии Ромелт (Россия) и Кобе Стил (Япония), основанные на получении чугуна с применением угля в качестве восстановителя железа.

Для реализации указанных технологий в проекте решались задачи строительства горнорудного комплекса, обогатительной фабрики непосредственно на месторождении, цехов окомкования железосодержащего концентрата и металлизации на территории производственного объединения, что экологически и экономически является обоснованым, т.к. использование свободных площадей предприятия не требует дополнительно освоенных земельных участков для строительства производственных объектов.

Согласно ТЭО проекта утвержденные запасы железной руды месторождения Сюрената позволяют обеспечить объем годовой добычи до 1,5 млн т и при выборе оптимальной технологии её обогащения с получением до 316,3 тыс. т в год металлизованных окатышей или до 378,7 тыс. т в год передельного чугуна для сталеплавильного производства.

В проекте рассмотрены три варианта разработки месторождения:

- строительство карьера на добычу до 1 млн т железной руды в год на участке Западный и подземную выработку руды до 0,5 млн т в год на участке Восточный с доставкой сырья на обогатительную фабрику (ОФ) автотранспортом;
- строительство карьера на добычу до 1 млн. т железной руды в год на участке Западный с транспортной схемой, аналогичной первому варианту, отработка запасов участка Восточный проходкой двух штолен, непосредственно соединяющих рудник подземных работ с промплощадкой ОФ, на объем добычи 0,5 млн т в год;
- отработка всех запасов Сюренатинского месторождения подземным способом на обоих участках со вскрытием их штольнями и доставкой железной руды на площадку ОФ электровозом, причем Западный участок – 0,9 млн т, Восточный – 0,6 млн т в год.

Указанные по вариантные технологические схемы разработки месторождения расположены в непосредственной близости от самого месторождения, а для доставки добываемой руды на обогащение необходимо строительство транспортных коммуникаций.

Удельные объемы инвестиций в подземную добычу руды по третьему варианту превышают объемы инвестиций, требуемые для реализации первого варианта, однако реализация последнего становится экономически невыгодной из-за капиталовложений в строительство автодороги от карьера до ОФ, которая составляет более 20 млн долл. экв.

Следует также отметить, что в соответствии с требованиями Госкомприроды Республики Узбекистан по обеспечению сохранности экологических условий в районе производства работ по горнодобывающему комплексу, обусловленных минимальным воздействием на курортную зону Кумышкан, на гелиостанцию АН РУз в поселке Хисарок и заповедник, а также исходя из возможности круглогодичной до-

бычи руды, наиболее приемлемым принимается третий вариант отработки месторождения Сюрената.

Институтом ВНИИЭТО совместно с ОАО «Механобр инжиниринг» (Россия) были представлены результаты исследований по обогатимости руды месторождения Сюрената. Исследованиями установлена возможность обогащения руды этого месторождения с получением железорудного концентрата до 69,5%, которая соответствует требованиям технологий прямого восстановления железа с производством металлизованных окатышей (Мидрекс и ХИЛ) для использования на существующих сталеплавильных установках АПО «Узметкомбинат».

Вместе с этим, в проекте также представлены альтернативные технологии восстановления железа в шахтных печах с получением передельного чугуна, не требующего получения высокого содержания железа в концентрате при обогащении, по технологиям Ромелт (Россия) или Кобе Стил (Япония).

Поэтому рассматривались два варианта обогащения железной руды с производством железосодержащего концентрата:

- обогащение руды с содержанием железа 27,7% до концентрата с содержанием железа до 69,5% с целью последующего использования в процессах прямого восстановления по технологиям Мидрекс или ХИЛ;
- обогащение руды до содержания железа 46-52% для последующего использования в процессах получения чугуна по технологиям Ромелт или Кобе Стил.

Сравнительно низкие капитальные вложения по варианту 2 обусловлены сокращением технологических операций с исключением мокрой магнитной сепарации и доводочной катионитовой флотации и применением только сухой магнитной сепарации.

В целом состав оборудования ОФ и объемы инвестиций в ее строительство аналогичны по удельным параметрам, действующим на обогатительных фабриках Оскольского электрометаллургического и Лебединского горно-обогатительного комбинатов России (ОМЭК и ЛебГОК).

Строительство ОФ, основанной на магнитной сепарации железной руды, не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Для утилизации отходов обогащения в непосредственной близости от месторождения и ОФ запроектировано хвостохранилище, имеющее достаточный объем для хранения сухих отходов, содержащих в основном пустую породу.

Из-за отсутствия на месторождении Сюрената инженерно-коммуникационных сетей в проект включено строительство внешнего электроснабжения и водоснабжения для горно-обогатительного ком-

плекса, а также строительство автомобильной дороги от ОФ до прирельсового склада в городе Чирчике. Кроме того, предусмотрена реконструкция этого прирельсового склада при базе ОАО «Вторчермет» для хранения, погрузки и отправки изготовленного концентрата по железной дороге на АПО «Узметкомбинат».

По требованиям технологий прямого восстановления железа Мидрекс и ХИЛ проектом предусмотрено строительство цеха окомкования железорудного концентрата на промплощадке АПО «Узметкомбинат» для производства окисленных окатышей (см. рисунок).

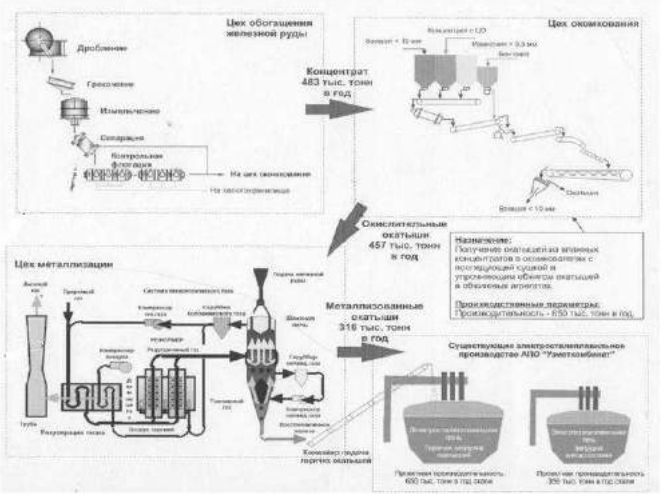


Схема производства металлизованных окатышей для АПО «Узметкомбинат» на основе технологии компании «Мидрекс»

При использовании технологии Ромелт не требуется строительство цеха окомкования концентрата, а при технологии Кобе Стил необходимо строительство цеха агломерации с применением угля и последующей осушкой окатышей. В отличие от технологии окомкования по требованиям прямого восстановления железа Мидрекс и ХИЛ, технология окомкования, предложенная компанией Кобе Стил, не требует обжига окатышей, что обусловливает сравнительно низкие энергетические затраты, а также меньшее количество оборудования и соответственно меньшие объемы строительства.

В настоящее время основным сырьем для выплавки стали на Бекабадском металлургическом заводе (производственная база АПО «Узметкомбинат») является стальной лом, но за последние годы объемы его поставок значительно сократились, что негативно сказывается на ратмичной работе завода и выпуске продукции. Главной задачей

организации производства металлизованных окатышей или их альтернативы – жидкого передельного чугуна – является обеспечение действующего сталеплавильного производства качественной первородной шихтой, заменяющей дорогой и дефицитный стальной лом. Причем использование в электродуговых печах (ЭДП) такой шихты вместо части лома будет способствовать повышению качества стали и гарантировать более стабильные экономические условия её производства.

Технико-технологические решения по производству металлизованных окатышей приняты по проектам-аналогам ОМЭК, ЛебГОК и также по литературным данным. Сложность технологической схемы установки ХИЛ и, как следствие, её относительная ненадежность обусловили более высокую степень освоенности технологии Мидрекс, которая отличается простотой конструкции реализующей установки и имеющимися резервами роста производства металлизованного железорудного сырья (МЖС).

В качестве альтернативы производству металлизованных окатышей рассматривается получение жидкого чугуна процессом Ромелт в объеме 500 тыс. т в год с последующим использованием его в шихте электродуговых печей (ЭДП). Предложение использовать в качестве возможного варианта было сделано ОАО «ВНИИЭТО», которое обосновывалось следующими соображениями:

1. Качество железорудного концентрата, получаемого из руды месторождения Сюрената, не отвечает общепринятым требованиям к качеству сырья для производства металлизованных окатышей. В то же время, процесс Ромелт пригоден для переработки руды и продуктов их обогащения с относительно низким содержанием железа, в частности концентрат, получаемый сухой магнитной сепарацией с содержанием железа не менее 15%.

2. Республика Узбекистан располагает запасами некоксующихся энергетических углей, которые могут быть использованы в качестве технологического топлива в этом процессе.

3. Жидкий чугун Ромелт можно эффективно перерабатывать в ЭДП, достигая при этом увеличение их производительности и сокращение расхода электроэнергии за счет утилизации выделяемого в печи Ромелт тепла.

В качестве альтернативы процессу Ромелт в проекте приводится твердофазная технология прямого восстановления железа из руды разработки фирмы Кобе Стил (ITmK3). Данная технология является развитием процесса Fastmet, в которой железо производится из композитных окатышей, состоящих из железорудного концентрата и углявосстановителя, в кольцевой печи с вращающимся подом (RHF). Ока-

тыш проходит стадии нагрева, твердофазного восстановления оксидов и выгружается из кольцевой печи в виде твердого тела.

В связи с тем, что добычные возможности месторождения Сюрената максимально обеспечивают добычу руды до 1,5 млн т в год, сквозной материальный баланс потоков сырья и продуктов передела по стадиям обогащения, окомкования и металлизации с учетом потерь железа в технологических процессах показывает возможности производства до 316,3 тыс. т в год металлизованных окатышей по технологиям Мидрекс и ХИЛ или до 378,7 тыс. т передельного чугуна по технологиям Ромелт и Кобе Стил.

Баланс материалов при использовании технологий Мидрекс, ХИЛ, Ромелт и Кобе Стил приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Сквозной баланс материалов при использовании технологий Мидрекс и ХИЛ (содержание Fe в исходной руде 27,7 %)

Поступает			*Выдастся*		
Наименование материала	*т/ч*	*тыс. т/г*	*Наименование материала*	*т/ч*	*тыс, т/г*
Обогащение железной руды					
Железная руда	182,0	1485	Концентрат	61,0	482,9
			Хвосты, в т.ч.	121,0	1002,1
			хвосты сухой магнитной сепарации	74,5	608,3
			хвосты мокрой магнитной сепарации	46,5	393,8
Получение окисленных окатышей					
Концентрат	61,0	482,9	Товарные окатыши	57,96	458,6
Возврат-5 мм	1,22	9,7	Возврат-5 мм	1,22	9,7
Бентонит	0,37	2,9	Механические и газообразные потери	9,97	78,94
Вода	6,56	51,89			
Получение металлизованных окатышей					
Окисленные окатыши	56.2	458,6	Мсталлизованные окатыши	38.7	316,3
Защитное покрытие	0,29	2,3	Мелочь окисленных окатышей	1.71	14,0
Углерод природного газа на науглероживание металлизованных окатышей (1,5%С)	0,57	4,6	Потери при обеспыливании фактов окисленных и металлизованных окатышей	1,14	9,3
			Потери с колошниковой пылью	0,57	4,6
			Газообразные продукты восстановления (в основном кислород окислов железа)	14,88	121,4

Таблица 2

Сквозной баланс материалов при использовании технологий Ромелт и Кобе Стил (содержание Fe в исходной руде 27,7 %)

Поступает			*Выдается*		
Наименование материала	*т/ч*	*тыс.т/г*	*Наименование материала*	*т/ч*	*тыс.т/г*
Обогащение железной руды					
Железная руда	182,0	1485	Концентрат выход 53,547 %	97,45	795,2
			Хвосты	71,7	585,1
Получение чугуна					
Концентрат железорудный	97,45	795,2	Чугун	46,4	378,7
			Шлак гранулированный	44,8	428,5
			Потери	4,5	42,9

Сравнительно большие объемы производства чугуна обусловлены относительно низкими потерями железа в процессе обогащения руды, а также более высоким содержанием углерода в продукте.

Заключение

Анализ показателей деятельности предприятия с реализацией проектов и без реализации при существующих условиях поставки лома и при ежегодном сокращении поставок лома от внутриреспубликанских источников на 3% показывает, что реализация проекта как по варианту Мидрекс, так и по варианту Ромелт при сегодняшнем уровне объема выплавки стали решает задачу замещения «скрапа» и исключает необходимость импорта металлизованного сырья. А это связано со снижением потребности республики в валютных средствах и повышением эффективности производства.

Список литературы

1. Маерчак Ш. Производство окатышей: пер. со словац. – М.: Металлургия, 1982. – 232 с.: ил.
2. Поволоцкий Д.Я. Электрометаллургия стали и сплавов: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1995. – 592 с.
3. Рябов А.В. Современные способы выплавки стали в дуговых печах: учеб. пособие. – М.: Теплотехника, 2007. – 192 с.
4. Сургучев Г.Д. Математическое моделирование сталеплавильных процессов. – М.: Металлургия, 1978. – 224 с.

Работа представлена д.т.н., академиком МАНЭБ, профессором, заместителем директора института «Узтяжнефтегазхимпроект» (Республика Узбекистан) Каландаровым П.И.

Дата представления работы: 02.03.2011.

О ПРИМЕНИМОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛОВ В ПОТОКЕ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Д. Соколов[1], А. В. Леднов[2], А. И.Ушеров[2], Ю. В. Кочержинская[2], А. В. Романенко[3]

[1]Baltic Scientific Instruments Ltd,
Ganibu dambis 26, P.O.Box 33, LV-1005, Riga, ***Latvia***
[2] ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Россия*, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, alednov@mail.ru*
[3]ЗАО «КонсОМ СКС»,
Россия*, 455034, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Жукова, 13, info@konsom.ru*

В работе рассматривается возможности совершенствования технологических процессов в металлургической и горнодобывающей промышленности путем интеграции в системы управления этими процессами в режиме реального времени объективной и достоверной информации о точном химическом составе материалов, подаваемых в производство.

PPLICABILITY OF THE CONTINUOUS MEASUREMENT OF CHEMICAL COMPOSITION OF MATERIALS FOR IMPROVING THE FLOW MATHEMATICAL MODELS IN METALLURGICAL AND MINING INDUSTRIES

A.D. Sokolov, A.V. Lednov, A. I.Usherov, Y.V. Kocherzhinskaya, A.V. Romanenko

We consider the possibility of improving the technological processes in the metallurgical and mining industry through the integration of management of these processes in real-time unbiased and reliable information on the exact chemical composition of the materials supplied to the production.

Актуальность работы

Моделирование производственного процесса агломерации, обогащения руд цветных металлов как объектов автоматизации достаточно сложно из-за большого количества возмущающих сигналов, транс-

портного запаздывания и т. д. Тем не менее, такие модели создаются с применением алгоритмов нечеткой логики и нейронных сетей. Для обучения таких моделей необходима достоверная информация о параметрах процессов, и если автоматические данные о расходе, температуре, давлении и т. д. получить достаточно просто, то получение в реальном времени информатизации о химическом составе шихты более чем проблематично.

Основные проблемы и решения

Основные проблемы ввода в модель данных о химическом составе с применением пробоотбора и пробоподготовки заключаются в: проблеме человеческого фактора; большом и нестабильном времени транспортного запаздывания (время выполнения пробоподготовки и анализа, ввод данных в систему); практической невозможности анализа крупнокускового материала. В последние годы в этом деле все большее распространение получают методы и средства измерений, не контактные с контролируемой средой.

Опыт промышленной эксплуатации измерительной станции CON X фирмы Baltic Scientific Instruments с 2004 года в г. Кеми (Финляндия) [1] и с 2007 года в Магнитогорске [2] (рис.1) доказал возможность бесконтактного непрерывного определения содержания химических элементов в промышленных продуктах без пробоотбора, определения качества и управления технологическими процессами.

Рис. 1. Установка анализатора в аглоцехе ОАО «ММК», г. Магнитогорск

Измерительная станция выполняет химический анализ по технологии РФА, где в качестве источника излучения используется рентгеновская трубка с молибденовым анодом и совершенный математический аппарат, что обеспечивает: экспрессность и непрерывность анализа; выполнение анализа без отбора проб; большую представительность анализа; анализ неоднородных продуктов; представление результата измерений в реальном времени.

Таким образом, имеется широкий спектр применения данного решения на металлургических и горнодобывающих предприятиях, в последних – с целью повышения эффективности обогащения сырья. Возможности комплекса теоретически позволяют использовать его при анализе железных, вольфрамовых, марганцевых, медных, медно-никелевых, медно-цинковых, оловянных, свинцово-цинковых, хромовых, титановых рудах.

Эксперимент по количественному анализу сульфидной медно-никелевой руды, выполненный на лабораторном конвейере, показал, что относительная точность определения Fe, Ni, Cu и Zn в потоке составляет 2–5%. Одновременно с основными полезными компонентами в потоковом режиме может определяться содержание и других элементов, таких как K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, As и Pb.

Эксперимент по количественному анализу Fe, Cu и Zn (образцы представлены на рис. 2) в сульфидной медно-цинковой руде, выполненный на лабораторном конвейере, показал, что относительная точность определения Zn не хуже, чем 10% относительных. Менее точным оказалось определение меди, что связано с крайней неравномерностью ее распределения: наблюдаются вкрапления породы в субстанцию руды. Тем не менее, наихудшая точность определения, полученная при измерении всех образцов, не превышала 25% относительных. Одновременно с основными компонентами в онлайновом режиме может определяться содержание и других элементов, таких как K, Ca, Ba,Mn, As и Pb.

Рис. 2. Исследуемые образцы

Бесконтактное непрерывное определение содержания химических элементов при установке оборудования на промышленных конвейерах без отбора проб потребует разработки методик, позволяющих оценить конструктивные и технологические параметры решений для применения в черной и цветной металлургии (подготовка шихты), горнодобывающей отрасли (обогащение руд).

Заключение

Основными итогами можно считать применимость автоматического ввода информации о химическом составе материалов в модель и дальнейшая практическая реализация моделей при выполнении следующих условий:

- диапазон концентраций определения анализируемых элементов при времени измерения 600 с:
  для Al, Si, P от 8 до 80 %;
  для S, Cl, K, Ca от 2 до 95 %;
  для Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe и т.д. от 0,2 до 99 %;
- количество измеряемых одновременно элементов – до 8;
- гранулометрический состав анализируемого материала от 0 до 120 мм.

Список литературы

1. On-line Analysis of Chrome-Iron Ores on a Conveyor Belt Using X-Ray Fluorescence Analysis / A. Sokolov, D. Docenko, E. Bliakher, O. Shirokobrod, J. Koskinen // X-Ray Spectrometry. – 2005, 34. – P. 456-459.

2. Непрерывный ренгенофлуоресцентный анализ железорудных смесей в производстве агломерата / Е.Н. Ишметьев, Н.В. Алов, А.И. Волков, А.И. Ушеров // Журнал аналитической химии. – 2010. – Т. 65. – № 2. – С. 173 – 177.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

УПРАВЛЕНИЕ СПРОСОМ НА ЭНЕРГИЮ И РЕЖИМЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

П.И. Каландаров, Р.А. Сытдыков

ГИ «Узтяжнефтегазхимпроект»,
***Узбекистан**, 100000, Ташкент, ул. Мустакиллик, 66,*
Polvon_1955@yahoo.com
Ташкентский государственный технический университет,
***Узбекистан**, 100095, Ташкент, ул. Университетская д. 2,*
tstu_energy@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы управления спросом на электрическую энергию, их влияние на режимы и графики систем электроснабжения, приводится анализ основных мероприятий по управлению спросом.

DEMAND MANAGEMENT ON THE ELECTRIC ENERGY AND MODES OF ELECTRO SUPPLY SYSTEMS

P.I. Kalandarov, R.A. Sitdikov

In clause the questions of demand management on electrical energy influencing on modes and loading diagrams of power supply systems, and the basic measures on demand management are considered; the analysis of the basic measures on demand management is resulted.

Актуальность работы

Вопросы управления спросом на электрическую энергию и регулирования графиков электрической нагрузки являлись предметами интереса энергетиков многих стран, так как позволяют оказывать влияние на оптимальность режимов систем электроснабжения [1–8]. Это особенно актуально в настоящее время, когда за последние годы коренным образом изменились условия хозяйствования в экономике и энергетике стран СНГ, изменилась структура собственности, организационная структура и система управления электроэнергетическими системами (ЭЭС). Изменилась также роль государства в управлении энергетикой, расширился состав субъектов, заинтересованных в функционировании электроэнергетики, изменились их приоритеты и возможности влияния на процессы принятия решений и режимы электроэнергетических систем. В связи с этим решение задач эксплуатации ЭЭС требует новых подходов к улучшению функционирования и условий развития ЭЭС, в том числе применение методов управления спросом на электрическую энергию.

Основные проблемы

Управление спросом предполагает проведение технических, технологических, организационных, экономических и других меро-

приятий, влияющих одновременно на генерацию, распределение и потребление электрической энергии.

Управление спросом позволяет изменять и регулировать в определенном диапазоне процессы использования электроэнергии потребителями (промышленными, сельскохозяйственными, коммунально-бытовыми и др.), воздействуя тем самым на режимы энергосистемы и все её элементы. Необходим тщательный анализ применимости различных способов управления спросом, который является комплексным инструментом, определяющим и регулирующим уровень баланса мощности между потреблением и генерацией. Необходимо учитывать, что одним из непосредственных результатов управления спросом является возможность регулирования графиков нагрузки ЭЭС.

Основная часть

Термины: «управление спросом» и «регулирование графика нагрузки» считаются близкими по практическому значению, однако «управление спросом» является более широким понятием, оказывающим влияние не только на графики электропотребления, но и на другие характеристики потребителей и ЭЭС, такие как установленная мощность и типы оборудования; маневренность электростанций; величина и состав резервной мощности ЭЭС; состав и характеристики оборудования потребителей-регуляторов; характер технологических процессов и режимы оборудования; развитие ЭЭС и потребителей; качество и стоимость электроэнергии и др.

Управление спросом позволяет целенаправленно изменять характер графика электрической нагрузки ЭЭС путем согласования режимных, экономических и технических параметров ЭЭС и потребителей. Управление спросом приносит ряд выгод для энергосистемы, которые связаны с изменением характера графиков нагрузок электростанций и обеспечивают:

- заполнение провалов графиков;
- срезание пиков нагрузки;
- смещение части нагрузки в не пиковые часы;
- обеспечение необходимого уровня резервирования;
- энергосбережение и уменьшение электропотребления в системах собственных нужд;
- оптимизацию графиков ремонтов оборудования и удлинение межремонтных периодов;
- уменьшение аварийности;
- гибкость графиков нагрузки;
- координацию структуры нагрузки;
- режимную экономичность
- и другие выгоды.

В ЭЭС уменьшаются капиталовложения на строительство и ввод новых генерирующих мощностей, сокращаются эксплуатационные расходы, уменьшается удельный расход топлива, повышается КПД оборудования, снижаются потери мощности в сетях и др. Планирование результатов управления спросом способствует выполнению ЭЭС своей основной задачи – обеспечивать потребителей электроэнергией высокого качества при минимальных затратах.

Для потребителей управление спросом означает снижение стоимости электроэнергии, эффективное использование энергоресурсов, возможность выбора вида услуг, усиление контроля расхода энергии, стимулирование применения новой техники и технологий, энергосбережение и т.д.

Выгоды от использования методов управления спросом могут быть получены как за короткий, так и за длительный период времени. В ряде случаев их применение дает немедленный и значительный экономический эффект. В других случаях затраты на внедрение методов управления спросом и внедрение соответствующего оборудования окупаются за один – два года. Эти выгоды обусловливаются также снижением затрат от ущерба, связанным со значительным уменьшением количества аварий.

Для управления спросом можно использовать различные методы:

- оперативное управление нагрузкой оборудования потребителей – регуляторов, наряду с управлением оборудования энергосистемы;
- аккумулирование энергии;
- применение дифференцированных и льготных тарифов;
- стимулирование покупки и внедрения энергосберегающих установок и технологий;
- оптимизация режимов работы оборудования потребителей и ЭЭС;
- применение индивидуальных, локальных источников энергии, в том числе возобновляемых
- и др.

Применение конкретных методов зависит от многих факторов, связанных с ЭЭС, потребителями и другими условиями. Например, от таких, как виды и категории потребителей, оборудования и технологических процессов; техническая оснащенность, типы и параметры оборудования; стоимость энергоносителей, энергии и виды тарифов; степень автоматизации и применение автоматизированных систем коммерческого учета энергии (АСКУЭ); использование индивидуальных и возобновляемых источников энергии; время года и погодные, географические условия и др. Любой элемент энергосистемы, каждая энергосистема, как и потребители, имеют свои индивидуальные качества, которые в конеч-

ном счете влияют на выбор и применение тех или иных методов управления спросом.

Анализ основных мероприятий, используемых при управлении спросом на электроэнергию, показывает, что мероприятия делятся на долгосрочные и краткосрочные (оперативные). Долгосрочные мероприятия оказывают постоянное, длительное воздействие на величину, период, время и способ использования электроэнергии потребителями и соответственно на генерацию и распределение мощности между элементами ЭЭС. Долгосрочные мероприятия проводятся различными ведомствами, организациями, энергосистемами, отдельными предприятиями, делятся на прямые и косвенные. Прямые непосредственно способствуют изменению характера графиков нагрузки. Косвенные в различной форме и степени оказывают влияние на электропотребление и способствуют выравниванию конфигурации графиков нагрузки.

Оперативные мероприятия проводятся диспетчерскими службами ЭЭС с участием потребителей и обычно сводятся к регулированию графика нагрузки и касаются её пиковой части. Их можно разделить на планируемые и не планируемые (аварийные).

Планирование заключается в том, что на основе составленного прогноза графика потребления на последующий период времени (сутки, неделя и т.д.) производится планирование оптимальных режимов ЭЭС и составляющих её элементов.

При обычном подходе считается, что составляющие правой части (потребление) балансового уравнения

$$\sum (P_{it}^{рег}) + \sum (P_{jt}^{нерег}) - \pi = \sum \Pi_{кt}$$

являются нерегулируемыми. При оперативном управлении спросом управляющие воздействия накладываются как на левую часть балансового уравнения, так и на правую. Уравнение приобретает следующий вид:

$$(\sum P_{it}^{рег} + \sum P_{jt}^{нерег}) - \pi = (\sum \Pi_{кt}^{рег} + \sum \Pi_{кt}^{нерег})$$

где левая часть – это сумма графиков нагрузок станций с регулируемыми ($P_{it}^{рег}$) и нерегулируемыми ($P_{it}^{нерег}$) мощностями (на практике их часто называют расчетными и нерасчетными станциями), а также потерь в сетях ЭЭС (π); правая часть состоит из регулируемых ($\Pi_{кt}^{рег}$) и нерегулируемых ($\Pi_{кt}^{нерег}$) мощностей потребителей. Возможность варьирования и управления составляющими обеих частей уравнения значительно повышает гибкость, надежность и эффективность электроснабжения.

Большое значение имеет наличие АСКУЭ, которая используется не только в качестве измерительного комплекса, но и для операций включения и отключения части потребления при управлении спросом.

Предварительный анализ применения долгосрочных и планируемых оперативных мероприятий по управлению спросом и регулированию электропотребления, а также оценка их влияния на график нагрузки ЭЭС Узбекистана показывают, что пик суточной нагрузки может быть уменьшен летом не менее чем на 8 – 10%, а зимой на 13-15%, при сохраняющихся величинах суточного потребления электроэнергии [8].

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что методы управления спросом имеют многоцелевой многокомпонентный характер одновременного воздействия на режимы ЭЭС и потребителей. Их применение выгодно как для ЭЭС, так и потребителей. Повышается обеспеченность экономики и населения качественной электроэнергией, экономичность её производства, улучшается экологическая обстановка и энергетическая безопасность.

Список литературы

1. Праховник А.В. Методы и средства управления электропотреблением. – Киев: Знание, 1981. – 25 с.

2. Gorselnik E.F. Mini cuts peak with load controllers // Electrical world. – 1983, 197. – N 12. – P. 65-67.

3. Clark W. Gellings. The concept of Demand – Side Management for Electric Utilities // TEEER, 73, 1985. – №10. – P. 31–34.

4. Reinolds M. Delgado. Demand – Side Management Alternatives // TEEER, 73, 1985. – №10. – P. 35–58.

5. Гордеев В.И Регулирование максимума нагрузок промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 182 с.

6. Гительман Л.Д., Ратников С.Е. Управление спросом на электроэнергию. Новый вид деятельности российских энергокомпаний. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997.

7. Управление спросом на электроэнергию в Китае // Энергетика за рубежом. – 2003. – №1.

8. Сытдыков Р.А., Камалов З.Ш. Управление спросом на электрическую энергию // Сб. тр. Международной конференции «Инновация – 2006». – Ташкент, 2006. – С. 142–143.

9. Каландаров П.И., Кореньков М.С., Рожнов А.П. Инновация в электроэнергетики и в технологии ведения горных работ на разрезе «Ангренский» // Рудник будущего. – 2010. – №2. – С. 63–67.

10. Каландаров П.И. Проектирование информационно-измерительной системы коммерческого учёта контроля электроэнергии в энергосистеме Республики Узбекистан // Химическая технология. Контроль и управление. – 2010. -– №5. – С. 47–52.

Работа представлена д.т.н., академиком Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, профессором, заместителем директора Узбекского государственного института «Узнефтегазхимпроект» Каландаровым П.И.

Дата представления работы: 31.03.2011.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ

Е.М. Желтобрюхов

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

***Россия**, 655017, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Щетинкина, 27, tms_hti@list.ru*

Представлены результаты разработки программного обеспечения автоматизированного проектирования металлорежущих инструментов сложного профиля, позволяющие проводить расчет и оптимизацию основных геометрических параметров и автоматическое построение рабочих чертежей инструмента средствами CAD-систем. Работа направлена на повышение эффективности и качества проектирования на этапе технологической подготовки производства.

SOFTWARE AIDED DESIGN METAL CUTTING TOOLS WITH ANY DIFFICULT PROFILE

E.M. Zheltobryuhov

Are presented results of working out of the software for the automated designing of metal-cutting tools with any difficult profile, providing calculation and optimization of the basic geometrical parameters and automatic construction of working drawings of the tool by means of CAD-systems. Work is directed on increase of efficiency and quality of designing at a stage of technological preparation of manufacture.

Актуальность работы

Непрерывное усложнение конструкций машин, рост требований

к их эксплуатационному качеству, обострение конкуренции на рынке машиностроительной продукции вызывают насущную необходимость в резком сокращении длительности производственно-технологиического цикла создания машин при повышении качества принимаемых и реализуемых проектных решений. Это может быть осуществлено лишь при максимально возможной автоматизации технологической подготовки производства (ТПП) и непосредственного производства машин. При этом для целей ТПП решающее значение приобретают методы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов их изготовления, что обеспечивает повышение производительности и качества проектирования. В настоящее время идет интенсивное внедрение систем автоматизированного проектирования (САПР) в промышленности, разработано значительное число САПР различного целевого назначения. Вместе с тем, существующие реализации систем еще не в полной мере отвечают растущим потребностям их пользователей, что вызывает необходимость постоянного совершенствования методологии САПР.

Одной из важнейших функций ТПП является инструментальное обеспечение технологических процессов изготовления деталей машин, поскольку при механической обработке деталей очень важную роль играет режущий инструмент, качество проектирования и изготовления которого имеет решающее значение при обеспечении качества изготавливаемой детали. Однако в области проектирования металлорежущих инструментов развитие САПР в силу целого ряда причин отстает от темпов развития САПР конструкторского или технологического назначения. Представленная работа направлена на повышение эффективности и качества проектирования на этапе технологической подготовки инструментального обеспечения машиностроительного производства.

Проблематика работы

В области автоматизированного проектирования металлорежущих инструментов можно выделить ряд особенностей, затрудняющих создание программного обеспечения, к числу которых можно отнести следующие:

– существующие методики расчета параметров инструментов, особенно сложнопрофильных, основаны на применении, в основном, графо-аналитических методов проектирования с использованием табличных данных, различных графиков, номограмм и т.п. и плохо приспособлены для автоматизированного расчета с применением ЭВМ;

– при проектировании инструмента многие задачи являются трудно– или неформализуемыми и для их решения пока не могут быть

предложены формальные (базирующиеся на использовании зависимостей, представляемых с помощью формул) алгоритмы;

– многие задачи проектирования не имеют однозначного решения (или рекомендаций по выбору вполне определенного решения) и в этом случае принятие проектного решения будет зависеть от опыта и компетентности конструктора-инструментальщика.

Следует отметить, что эти особенности характерны и для других областей применения САПР в области ТПП, но для проектирования инструмента практически не рассматриваются САПР широкого назначения, хотя и предпринимаются попытки решения этой проблемы: в научной и технической литературе можно найти алгоритмы автоматизированного расчета геометрических параметров инструментов; в ряде случаев приведены программы расчета (точнее, фрагменты программ), однако нет примеров комплексного решения задачи, которое, по нашему мнению, представляет собой получение рабочего чертежа инструмента, разработанного на основе исходных данных, определяющих необходимое качество обрабатываемого этим инструментом изделия.

Исходя из этого была поставлена цель создания программного обеспечения для автоматизированного проектирования металлорежущих инструментов, которое позволяет не только проведение автоматизированных расчетов геометрических и конструктивных параметров инструментов, имеющих сложный профиль режущей кромки, но и автоматическое построение на их основе рабочего чертежа проектируемого инструмента. Для этого необходимо решить ряд сопутствующих задач, без чего автоматизированное проектирование будет невозможно. В первую очередь это относится к выбору (или созданию) методик расчета инструмента, на основе которых была бы возможна алгоритмизация и создание программ для расчета необходимых параметров с помощью ЭВМ. Кроме того, достаточно сложной задачей является конструкторско-графическая часть проектирования, т.е. автоматизация создания чертежа инструмента.

Методы и подходы

Современные САПР, обеспечивающие сквозное проектирование сложных изделий или, по крайней мере, выполняющие большинство проектных процедур, имеют модульную структуру. Модули различаются своей ориентацией на те или иные проектные задачи применительно к тем или иным типам устройств и конструкций, т.е. по существу являются объектно-ориентированными. Это позволяет применить модульный принцип и при создании систем автоматизации проектирования режущих инструментов, когда для расчета различных типов инструментов создаются отдельные исполняемые модули (программы), при этом каждый модуль предназначается для решения логически за-

вершенной задачи и включает необходимый набор баз данных. Целесообразно объединение модулей по каким-либо конструктивным или технологическим признакам проектируемых инструментов в отдельные законченные подсистемы, обладающие всеми свойствами систем, что обеспечивает общность математического, информационного и, в какой-то степени, программного обеспечения. В этом случае обеспечивается выполнение одного из важнейших общих принципов, характерных для современных САПР, – принципа открытости, подразумевающего возможность расширения САПР путем интеграции в нее новых пакетов расчетных программ.

При рассмотрении задачи обеспечения конструкторско-графической части проектирования стало очевидно, что создание и широкое распространение в последнее время мощных графических редакторов исключает необходимость самостоятельной разработки графических средств подготовки рабочих чертежей проектируемых инструментов, поскольку многие из них обладают встроенным интерфейсом прикладного программирования API, благодаря которому можно создавать гибкие приложения, использующие функции данного графического редактора.

Весьма важным вопросом для подобного рода расчетных программ является вопрос вывода рассчитанной информации. В частности, построение чертежей по расчетным значениям геометрических параметров возможно при непосредственном использовании открытого текстового формата файлов для обмена двумерной графической информации dxf. Он является одним из наиболее распространенных стандартов для векторных изображений в открытых операционных системах и приложениях и на сегодняшний день поддерживается практически всеми CAD-системами на платформе PC. Формат является текстовым и его использование в разрабатываемых программах не представляет особой сложности, но в спецификации этого формата некоторые объекты описываются не полностью либо не описываются вовсе. Более широкие и гибкие возможности для построения чертежей из приложений предоставляют средства автоматизации различных CAD-систем. Использование данных инструментальных средств более трудоемко, но обеспечивает создание достаточно мощных прикладных приложений, выполняющих сложные расчеты с автоматической подготовкой чертежей. Такой подход, с учетом опыта отечественных и зарубежных разработчиков различных специализированных САПР, является наиболее перспективным и оптимальным для обеспечения минимальных трудозатрат и времени разработки САПР. Поэтому было признано целесообразным создание модуля построения чертежа как модуля, расширяющего инструментарий какого-либо известного гра-

фического редактора и использующего средства отображения моделей и чертежей этого редактора.

Результаты реализации работы

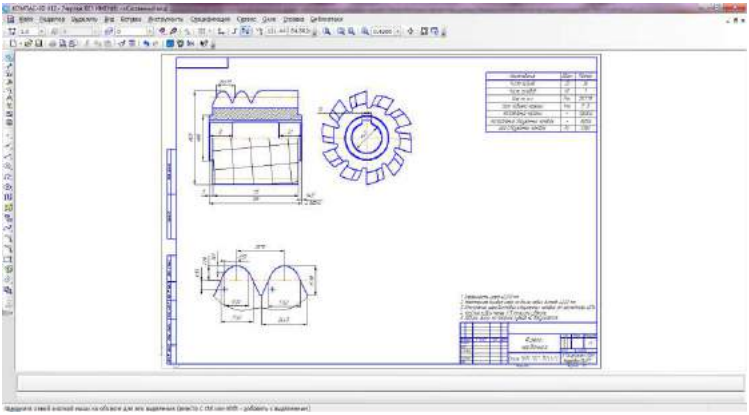
Программы автоматизированного проектирования металлорежущих инструментов реализованы с помощью мощного средства создания приложений – объектно-ориентированного языка Pascal в среде Delphi. Это позволило осуществлять ввод исходных данных для проектирования, расчет требуемых геометрических и конструктивных инструментов, сохранение рассчитанных значений в текстовом формате и передачу данных для автоматического построения чертежа. При этом организован удобный интерфейс, обеспечивающий наглядность и контроль всех этапов проектирования, а также возможность получения необходимых пояснений в ходе проектирования.

Для автоматизации построения чертежа был выбран программный комплекс КОМПАС, предоставляющий гибкие возможности для построения чертежей из приложений за счет внутренних средств автоматизации – средств поддержки технологии COM, реализованной в КОМПАС– МАСТЕР (ориентированные на прикладного программиста инструментальные средства разработки дополнительных модулей (прикладных библиотек и приложений), предназначенные для организации вызова функций КОМПАС из программ на языках программирования Си++, Pascal, Бейсик). В нашем случае ориентация была взята на использование широко распространенного на машиностроительных предприятиях и вузах России программного продукта КОМПАС 3D.

Работа программы (после выбора соответствующего расчетного модуля для проектируемого типа инструмента) начинается с ввода исходных данных для проектирования, которые должны быть введены в соответствующие поля путем выбора из предложенных значений или непосредственным вводом (например, [1,2]). После прохождения ряда этапов, на которых обеспечивается контроль и уточнение необходимых данных, программой будет предложено произвести расчет, провести анализ результатов (с возможностью корректировки введенных исходных данных и проведения нового расчета), сохранить полученные результаты в текстовом формате и перейти к построению чертежа. Итогом работы программного модуля является получение рабочего чертежа детали (на рисунке представлены результаты работы программы проектирования червячной шлицевой фрезы).

Применение большинства известных методик расчета инструментов основано на выборе большого количества параметров с использованием обширных справочных данных, не поддающихся корреляции и возможности установления точных функциональных связей параметров инструмента и детали. Это вызвало необходимость введе-

ния режима диалога при выборе определенных параметров и в ходе расчета, а также создания баз данных по справочным материалам. Вместе с тем, использование режима диалога, как правило, повышает качество принимаемых решений, а также является полезным при использовании этой программы в учебных целях. Поэтому при разработке программ особое внимание было уделено созданию «дружественного» интерфейса, позволяющего облегчить как работу пользователя САПР, так и дающего возможность использования разработанного модуля для обучения.



Чертеж спроектированного инструмента

Заключение

По результатам работы можно утверждать, что созданное программное обеспечение для автоматизированного проектирования металлорежущих инструментов сложного профиля позволяет проводить расчеты геометрических и конструктивных параметров инструментов, а также автоматическое построение рабочего чертежа по рассчитанным данным.

Разработанные компьютерные программы предназначены для повышения качества проектных решений и сокращения затрат времени на этапе инструментальной технологической подготовки производства, а также могут быть использованы как обучающие программы в учебном процессе студентов машиностроительных специальностей вследствие наличия удобного и наглядного интерфейса и развитой справочной системы.

Список литературы

1. САПР шлицевой фрезы: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612910 / Кузнецов М.С., Жел-

тобрюхов Е.М. Зарегистрировано 28.04.10.

2. Фасонная фреза для обработки винтовых канавок: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011612057 / Рейфман Р.Г., Желтобрюхов Е.М., Кузнецов М.С. Зарегистрировано 10.03.10.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЙ ДИСПЕТЧЕРСКИЙ КОНТРОЛЬ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ

Х. П. Хурсанов [1], Ш. Н. Нигматулин[1], А. В. Леднов[2], А. В. Романенко [3], Е. Ю. Васильев [3]

[1]ОАО «Узбекуголь»,
***Узбекистан**, 100011, г. Ташкент, квартал Ц-14, дом 27,*
uzcoal@yandex.com
[2] ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,*
alednov@mail.ru
[3]ЗАО «КонсОМ СКС»,
***Россия**, 455034, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Жукова, 13,*
info@konsom.ru

Современное направления развития техники управления большими системами – слияние систем управления технологическими процессами и систем организационного управления в объединённые системы управления. Важнейшей из проблем является обеспечение менеджмента объективной, оперативной и достоверной информацией о работе объектов предприятия, для решения которой предлагается создание комплексной централизованной системы диспетчерского контроля.

AUTOMATED CENTRALIZED SUPERVISORY CONTROL AS AN ELEMENT OF LARGE SYSTEMS

H. P. Hursanov, S. N. Nigmatulin, A.V. Lednov, A.V. Romanenko, E. Yu. Vasilev

Modern trends of the art of managing large systems – fusion process control systems and systems of organizational management in a unified management system. The most important of the challenges is to provide management with objective, timely and reliable information on the objects of the

enterprise, whose solution is proposed establishment of a comprehensive centralized system of supervisory control.

Актуальность работы

Термин «управление большими системами» известен достаточно давно [1, 2]. Управление большими системами основывается на совместном участии в процессе людей и технических средств. При этом выполнение формализуемых операций возлагается на ЭВМ, а принятие решений на основе неформальных методов — на руководителей.

Рассматривая труды сборника «Управление большими системами» Института проблем управления РАН, можно отметить, что характерная особенность современного направления развития техники управления большими системами — слияние систем управления технологическими процессами и систем организационного управления в объединённые системы управления.

Основные проблемы и решения

Таким образом, при построении большой системы управления систему централизованного диспетчерского контроля необходимо позиционировать как систему подготовки принятия управленческих решений.

Рассмотрим с этой точки зрения основные технические решения проектируемой автоматизированной информационной системы централизованного диспетчерского контроля работы разреза «Ангренский» ОАО «Узбеккумир» выполняемой в рамках реализации проекта «Техническое перевооружение угольной отрасли Республики Узбекистан».

Функционально предлагаемая Система состоит из следующих основных подсистем:

- сбор данных и исполнение команд (оборудование, устанавливаемые объекты управления Системы);
- обмен данными (включают в себя радиотехническое оборудование, проводную и беспроводную аппаратуру и линии передачи данных);
- обработка, отображение, хранение данных и управление (средства подсистемы устанавливаются в пунктах диспетчерского управления, на технических площадках разреза и рабочих местах пользователей, подключённых к информационной системе предприятия).

Объектами управления Системы являются:

– стационарные комплексы: участки водоотлива; посты видеонаблюдения; сортировочный комплекс; весовой пост;
– полустационарные и малоподвижные технологические комплексы (объекты): комплексы электроснабжения; роторные комплексы; шагающие экскаваторы;
– передвижные технологические объекты: железнодорожный; тракторно-бульдозерный; автотранспортной и специальной техники.

Предлагаемую Систему можно представить в виде следующих технологических подсистем:

– система контроля работы технологического оборудования;
– система учёта расхода ГСМ транспорта;
– система слежения за железнодорожным и автомобильным транспортом;
– система контроля состояния энергосистем;
– система контроля отгрузки;
– система видеонаблюдения за перемещением ТМЦ.

Персоналом, принимающим решения по оперативному управлению, являются диспетчеры ГТК.

Потребителями информации Системы являются технологический персонал и топ-менеджмент предприятия.

Критериями оценки создания АИС ЦДК являются следующие показатели:

– увеличение объёмов производства (добыча угля, отработка вскрыши), сокращение (снижение) себестоимости продукции;
– исключение ошибок и нарушений технологических карт;
– повышение ритмичности и устойчивости технологического процесса, уменьшение числа смен, характеризующихся невыполнением установленных плановых заданий;
– увеличение коэффициента использования технологического оборудования;
– повышение производительности погрузочного и транспортного оборудования;
– повышение производительности труда производственного персонала;
– улучшение экономических показателей горнотранспортных и других работ в карьере (уменьшение затрат на единицу производимой продукции);
– снижение непроизводительных расходов;
– повышение готовности погрузочного и транспортного оборудования за счёт непрерывного контроля технического состояния и

оперативного планирования планово-предупредительных ремонтов.

Автоматизированная система централизованного диспетчерского контроля горнотехническим комплексом является составной частью информационной системы предприятия, создаётся на единых типовых вычислительных средствах, использует общие массивы данных и общую инфраструктуру существующей локальной вычислительной сети и системы обмена данными.

В процессе создания АИС ЦДК формируется политика технических требований к оборудованию, поставляемому при модернизации производства, с целью включения в него модулей для передачи информационного обмена.

Заключение

Основными итогами создания АИС ЦДК будут:

- повышение эффективности использования оборудования горнотехнического комплекса и увеличение его производительности;
- обеспечение экономии ресурсов при достижении необходимых объёмов производства;
- повышение безопасности работ за счёт контроля соблюдения параметров и установленных маршрутов движения горнотранспортного оборудования, своевременного оповещения персонала в нештатных ситуациях;
- повышение эффективности использования трудовых ресурсов и уровня трудовой и технологической дисциплины за счёт инструментального контроля времени и продолжительности выполнения всех технологических операций, автоматизации сбора и обработки информации.

Список литературы

1. Гуд Г. Х., Макол Р.Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем: пер. с англ. – М., 1962.

2. Лернер А. Я. Начала кибернетики. – М.: [Б.и.], 1967.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

МОДУЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ К-ЗНАЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В.Д. Дмитриенко, С.Ю. Леонов, Т.В. Гладких, О.В. Пилипенко

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
***Украина**, 61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, д. 21*
serleoniv@gmail.com

В работе предлагается научно обоснованное проектное решение по созданию модуля диагностики переключательных процессов на основе технологии нейронных сетей. Нейронная сеть представляет собой модификацию нейронной сети Хебба, которая имеет n входных и m выходных биполярных или бинарных нейронов.

THE MODULE OF AUTOMATION OF DIAGNOSTICS SWITCHING PROCESSES WITH USE K OF THE-PLACE NEURAL NETWORK

V.D.Dmitrienko, S.JU.Leonov, T.V.Gladkikh, O.V.Pilipenko

In work the scientifically-proved design decision on creation of the module of diagnostics of switching processes on the basis of technology of neural networks is offered. The neural network represents updating of a neural network of Hebba which has in entrance and m target bipolar or binary neurons.

Актуальность работы

Разработка систем управления сложными технологическими процессами часто связана с решением трудоемких задач обработки поступающей измерительной информации и синтеза на ее основе законов управления технологическими агрегатами. Современное направление развития таких систем – создание интеллектуальных систем управления, которые являются, по своей сути, экспертными системами мониторинга, управления и диагностики на основе проблемно-ориентированных программно-аппаратных комплексов. Наиболее эффективны эти комплексы при разработке специализированных аппаратных средств. В настоящее время при проектировании таких аппаратных средств широко используются различные системы автоматизированного проектирования. Каждая из таких систем имеет свои преимущества и недостатки. При этом все они решают свои конкретные задачи, свойственные данной системе. В связи с тем, что современные проектируемые системы имеют достаточно сложную структуру и

большие функциональные возможности, то для их разработки необходимо применять и соответсвующие системы. Однако часто даже универсальные системы не могут охватить все стороны работы проектируемых блоков. Кроме того, такие системы достаточно сложны в эксплуатации. В связи с этим целесообразно в имеющиеся системы автоматизированного проектирования встраивать отдельные подсистемы, которые целенаправленно расширяют их функциональные возможности и позволяют более полно учитывать особенности проектируемых на современной элементной базе устройств.

Структура модифицированной нейронной сети

Одной из современных систем, которая может быть успешно использована при проектировании устройств, выполненных на быстродействующей элементной базе, является система на основе K-значного дифференциального исчисления, где K – простое число [1, 2]. Она позволяет при выполнении проектирования моделировать структуру с K-значным представлением сигналов, основанном на квантовании по амплитуде и времени логических сигналов и процессов их переключения из одного устойчивого состояния в другое. При этом имеется возможность выявлять риски сбоев, например, связанные с некорректным переходом из уровня логического «нуля» в состояние логической «единицы» и наоборот, и т.д. Однако в разработанной системе процесс выявления рисков сбоев не автоматизирован. В связи с этим предлагается усовершенствоавать рассматриваемую систему с помощью отдельного модуля, который автоматизирует выполнение диагностики переключательных процессов с использованием K-значной нейронной сети.

Эта сеть представляет собой модификацию нейронной сети Хебба (рис. 1), которая имеет n входных и m выходных биполярных или бинарных нейронов.

При биполярном представлении сигналов обучение нейронной сети выполняется с помощью следующего алгоритма [3, 4]:

Шаг 1. Задается множество $M = \{(S^1, Y^1), \ \ldots, \ (S^p, Y^p)\}$, состоящее из пар: входное изображение $S^l = (S_1^l, \ldots, S_n^l)$, требуемый вектор $Y^l = \{y_1^{l\,\text{треб}}, \ldots, y_m^{l\,\text{треб}}\}$ выходных сигналов нейронов $Y_1, \ldots, Y_m$, где p – число входных изображений; n – число биполярных компонент входных изображений; $l = \overline{1, p}$. Инициируются веса связей нейронной сети: $w_{ji} = 0$, $j = \overline{0, n}$, $i = \overline{1, m}$, где w_{0i} – вес связи смещения нейрона Y_i, $i = \overline{1, m}$.

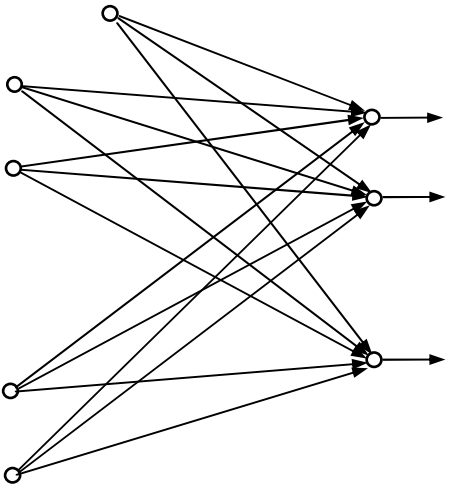


Рис. 1. Структура нейронной сети Хебба

Шаг 2. Каждая пара $\{S^l, Y^l\}$ множества М проверяется на правильность реакции нейронной сети на предъявленное изображение. Если полученный вектор выходных сигналов $(y_1^l, \ldots, y_m^l)$ нейронов Y_i $(i = \overline{1, m})$ отличается от требуемого $(y_1^{l\ \text{треб}}, \ldots, y_m^{l\ \text{треб}})$, то происходит коррекция весов связей сети с помощью шагов 3 и 4 алгоритма.

Шаг 3. Инициируется множество входов и выходов нейросети:

$$x_0 = 1,\ x_j = S_j^l,\ j = \overline{1, n};\ U_{\text{вых } Y_i} = y_i^{l\ \text{треб}},\ i = \overline{1, m}.$$

Шаг 4. Корректируются веса связей сети по правилу

$$w_{ji}(new) = w_{ji}(old) + x_j \cdot U_{\text{вых } Y_i},\ j = \overline{0, n};\ i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

Шаг 5. Проверяются условия останова. Обычно их задают два. Первое – правильность функционирования нейронной сети при предъявлении каждого обучающего изображения. Второе – достижение заданного числа эпох обучения сети. При выполнении первого условия обучение сети выполнено. Во втором случае обучение сети выполнить не удалось и требуется анализ причин неудачного обучения. Если не выполняется первое условие, то переход к шагу 2 алгоритма. Если выполняется первое или второе условие, то вычисления прекращаются (переход к шагу 6 алгоритма).

Шаг 6. Останов.

В предлагаемой нейронной сети используются не двоичные, а

K-значные нейроны, выходные сигналы которых могут принимать значения из следующего множества: $\{0, 1, 2, \ldots, K-2, K-1\}$. Очевидно, значность нейронов в K-значной нейронной сети должна соответствовать значности системы моделирования. В этом случае сеть позволяет автоматизировать процесс выявления рисков сбоев, которые могут возникать при функционировании вычислительных устройств. Обучаемая таким образом K-значная нейронная сеть применялась для выявления «узких» мест в проектируемых вычислительных устройствах, в которых при неблагоприятных условиях могут возникнуть сбои.

Результаты исследования работы модуля автоматизации диагностики переключательных процессов

При исследовании работоспособности цифровых вычислительных устройств часто используют тринадцать видов сигналов [5]: сигнал вида "_0" соответствует статическому сигналу нулевого уровня, значение "_1 " – значению уровня статической "единицы". Далее "_A " соответствует переходу из нуля в неопределенность, "_B " – переходу из единицы в неопределенность, "_E " – гладкому переходу из нуля в единицу, "_F " – динамическому риску сбоя при переключении из нуля в единицу, "_H " – гладкому переходу из единицы в нуль, "_I " – переходу из неопределенности в единицу, "_L " – динамическому риску сбоя при переключении из единицы в нуль, "_P " – статическому риску сбоя в нуле, "_O " – переходу из неопределенности в нуль, "_V " – статическому риску сбоя в единице, "_X " – неопределенности. При K-значном представлении сигналов цифровых устройств получим следующие 13 видов сигналов и сбоев: сигнал вида "_0K " соответствует статическому бинарному сигналу нулевого уровня, значение "_K – 1" – значению уровня статической бинарной "единицы", "_(K – 1)/2" – значению неопределенности "_XK" при бинарном представлении сигналов, "_AK" соответствует переходу из нуля в неопределенность "_(K – 1)/2", "_BK" – переходу из "_(K – 1)" в неопределенность "_(K – 1)/2", "_EK" – переходу из нуля в "_(K – 1)", "_FK" – динамическому риску сбоя при переключении из нуля в "_(K – 1)", "_HK" – нормальному переходу из (K – 1) в нуль, "_IK" – переходу из неопределенности "_(K – 1)/2" в (K – 1), "_LK" – динамическому риску сбоя при переключении из (K – 1) в нуль, "_PK" – статическому риску сбоя в нуле, "_OK" – переходу из неопределенности "_(K – 1)/2" в нуль, "_VK" – статическому риску сбоя в (K – 1).

Каждый из процессов переключения из одного устойчивого состояния в другое характеризуется формой кривой переключения и ее длительностью. Кроме того, эта кривая переключения может сдвигать-

ся во времени в зависимости от времени задержки на логическом элементе. Сбойный процесс переключения заключается в искажении кривой переходного процесса за счет дополнительных всплесков или провалов в процессе переключения и за счет увеличения длительности переходного процесса. Для распознавания сигналов и процессов, возникающих в процессе моделирования цифровых устройств, было предложено использовать сеть с архитектурой сети Хебба, но с K-значными нейронами, т.е. с нейронами, выходные сигналы которых принимают значения из множества {0, 1, 2, …, K – 2, K – 1}, а функция активации имеет вид, приведенный на рис. 2.

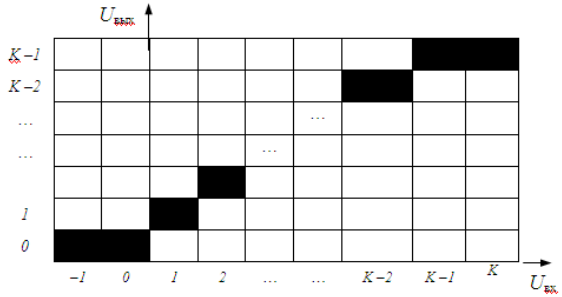


Рис. 2. K-значная функция активации нейронов сети

Поскольку выражение (1) непосредственно невозможно использовать для обучения рассматриваемой K-значной нейронной сети из-за того, что сигналы x_j и $U_{\text{вых } Y_i}$ не принимают отрицательных значений, то было предложено модифицированное правило Хебба:

$$w_{ji}(new) = w_{ji}(old) + \eta f(y_j^{\text{треб}} - y_j^{\text{тек}}).$$

В приведенных соотношениях $w_{ji}(new)$, $w_{ji}(old)$ – соответственно новые и текущие веса связей сети; $y_j^{\text{треб}}$, $y_j^{\text{тек}}$, ($j = \overline{1, m}$) – соответственно требуемые и текущие сигналы на выходах нейронов; η – коэффициент, в общем случае отличный от единицы.

При этом

$$f(y_j^{\text{треб}} - y_j^{\text{тек}}) = \begin{cases} 1, \text{ если } y_j^{\text{треб}} > y_j^{\text{тек}} \text{ и } x_i > 0; \\ 0, \text{ если } y_j^{\text{треб}} = y_j^{\text{тек}} \text{ или } x_i = 0; \\ -1, \text{ если } y_j^{\text{треб}} < y_j^{\text{тек}} \text{ и } x_i > 0. \end{cases}$$

Целесообразно, чтобы каждому j-му ($j = \overline{1, 13}$) рассматривае-

мому входному процессу на выходе нейронной сети соответствовали выходные K-значные сигналы $U_{\text{вых}Y_j} = (K-1)$, $U_{\text{вых}Y_k} = 0$, $k = \overline{1,13}$, k ≠ j. K-значная нейронная сеть Хебба в этом случае должна иметь на выходе тринадцать K-значных Y-нейронов, каждый из которых может иметь выходной сигнал от нуля до K – 1. В зависимости от длительности T интервала времени, на котором анализируется последовательность переключения сигналов вычислительного устройства, на входе такой сети может быть различное число нейронов. При тринадцати видах распознаваемых сигналов и T = 12 имеем n = 12, m = 13.

Сеть может быть обучена распознаванию сигналов и процессов переключения при любом K. Рассмотрим обучение сети распознаванию тринадцати классов семизначных сигналов. Для каждого класса были сформированы обучающие множества изображений. На рис. 3 приведены два изображения нормального переключения из единицы в нуль в семизначном алфавите. На рис. 4 – изображения переключений из единицы в нуль при динамическом риске сбоя. В таблице приведены процессы для обучения нейронной сети распознаванию процессов, которые порождают риски сбоев при переключении сигнала из логической единицы (K –1) в нуль (при K = 7).

Каждый класс сбоев задается множеством обучающих процессов на заданном временном интервале.

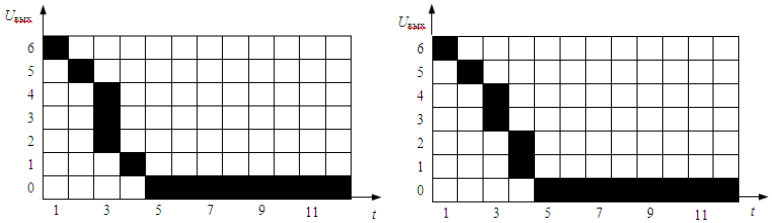


Рис. 3. Примеры процессов нормального переключения сигналов из K –1 (логической единицы) в нуль

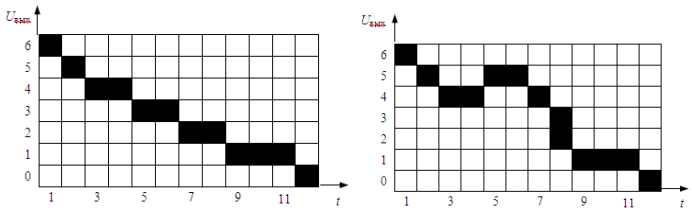


Рис. 4. Примеры процессов переключения сигналов из K –1 (логической единицы) в нуль, которые могут приводить к сбоям

Процессы для обучения нейронной сети распознаванию процессов, которые порождают риски сбоев при переключении сигнала из логической единицы в нуль

t / V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V1	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
V2	6	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0
V3	6	5	4	3	4	4	3	2	1	0	0	0
V4	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0
…												
Vk	6	5	4	4	3	3	4	4	3	2	1	0

Обучение К-значной нейронной сети выполнялось с помощью модифицированного алгоритма Хебба. Последующая проверка результатов обучения на новых данных показала, что нейронная сеть правильно распознает свыше 90% сигналов, которые могут приводить к сбоям последующих элементов цифрового устройства.

Заключение

Таким образом, для системы проектирования цифровых устройств на основе К-значного дифференциального исчисления разработан модуль, автоматизирующий процесс выявления сигналов, приводящих к появлению рисков сбоев в моделируемых вычислительных устройствах. Модуль реализован на К-значной однослойной нейронной сети, обучаемой с помощью модифицированного алгоритма Хебба. Его использование в системе проектирования повысит надежность вычислительных средств для управления технологическими процессами.

Список литературы

1. К-значное дифференциальное исчисление и моделирование цифровых устройств / В.Д. Дмитриенко, С.Ю. Леонов. – Харьков: Транспорт Украины, 1999. – 223 с.

2. Гладких Т.В. Верификация динамических параметров электронных устройств на основе К-значного дифференциального исчисления: дис… канд. техн. наук: 05.13.05. – Харьков, 2007. – 341 с.

3. Fausett, I. Fundamentals of Neural Networks. Architectures, Algorithms and Applications. – New Jersy: Prentice Hall International, Inc., 1994. – 461 p.

4. Дмитриенко В.Д, Корсунов Н.И. Основы теории нейронных сетей: учебное пособие. – Белгород: БИИММАП, 2001. – 159 с.

5. Aktouf C. A Complete strategy for testing an on-chip multiprocessor architecture // IEEE Design & Test of Computers. – 2002. – Issue:1. – P. 18–28.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 10.04.2011.

ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС «ХАНДИЗА» И СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ

Б.П. Искандаров, П.И. Каландаров

ГИ «Узтяжнефтегазхимпроект»,
Узбекистан,100000, г. Ташкент,ул. Мустакиллик, д. 66,

uz-ogir@cron.uz

В статье рассматривается выполнения решения «Программы модернизации, технического и технологического перевооружения производства ОАО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» до 2015 года, проектные решения и реализация программного обеспечения автоматизации производственных процессов для промышленной сферы цветной и черной металлургии.

ORE DRESSING COMPLEX « KHANDIZA» AND SYSTEM OFAUTOMATION OF PRODUCTIONS OF EXTRACTION AND ORE ENRICHMENT

B.P. Iskandarov, P.I. Kalandarov

The article discusses implementation of the decision Program of modernization, technical and technological re-equipment of JSC "Almalyk Iron and Steel Works" until 2015, both design decisions and realization of the software of automation of productions for industrial sphere color and ferrous metallurgy.

Актуальность работы

Реализация проекта обусловлена необходимостью увеличения производства цветных и благородных металлов в Республике Узбекистан, являющихся сырьем стратегического назначения, а также расширения сырьевой базы цветных и благородных металлов для обеспечения производственной потребности ОАО «Алмалыкский ГМК».

Введение

Согласно постановлению Президента Республики Узбекистан от 12 марта 2009 года «О Программе мер по реализации важнейших проектов по модернизации, техническому, технологическому перевооружению производства на 2009-2014 годы» №ПП-1072, а также ПП-1442 от 15 декабря 2010 года «О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан на 2011-2015 годы» в целях устойчивого, динамичного и сбалансированного развития промышленности республики, углубления структурных преобразований, направленных на диверсификацию основных её отраслей и рост экспортного потенциала, дальнейшего повышения эффективности и конкурентоспособности отраслей предусмотрено ускорение реализации инвестиционных проектов по модернизации, техническому и технологическому перевооружению производства, обеспечение на этой основе внедрение современных технологий по углубленной переработке сырьевых ресурсов и освоение производства конкурентоспособной, востребованной на внутреннем и внешних рынках высококачественной продукции [1, 2].

В целях выполнения вышеназванного правительственного решения принята «Программа модернизации, технического и технологического перевооружения производства ОАО «Алмалыкский ГМК» на 2009–2015 гг. [3].

Программа предусматривает:

- дальнейшее наращивание объемов производства цветных и драгоценных металлов за счет расширения сырьевой базы комбината, с вовлечением в отработку полиметаллических руд месторождения «Хандиза» и техногенных образований;
- внедрение передовых технологий переработки руд, комплексное извлечение полезных компонентов, увеличение объемов выпуска серной кислоты за счет утилизации отходящих газов металлургического производства с применением современного химического и энергетического оборудования;
- обеспечение сопряженности действующих добывающих и перерабатывающих производственных мощностей, а также повышения уровня загрузки металлургического передела;
- освоение производства новых видов продукции, востребованных на внутреннем и внешнем рынках, для наращивания экспортного потенциала предприятия;
- повышение эффективности производства и снижение расхода топливно-энергетических ресурсов за счет внедрения современных технологий и оборудования.

ОАО «Алмалыкский ГМК» – это основная часть индустрии Республики Узбекистан, является единственным в Республике Узбеки-

стан и одним из крупнейших в странах СНГ производителем цветных металлов с законченным циклом производства и уверенно присутствует на международном рынке цветных металлов как стабильный производитель и поставщик катодной меди и цинка металлического.

ОАО «Алмалыкский ГМК» – это сложный промышленный комплекс, который является не только флагманом цветной металлургии, но и входит в тройку крупнейших предприятий стран СНГ по объемам добычи и переработки медно-порфиритовых, свинцово-цинковых и золотосеребряных руд.

Структура производства ОАО «Алмалыкский ГМК» ориентирована по трем направлениям: медно-молибденовое, свинцово-цинковое и золотодобывающее предприятия.

ОАО «Алмалыкский ГМК» включает 3 рудника открытых горных работ, 6 шахт по подземной добыче золотосодержащих руд, 4 обогатительные фабрики, 2 металлургических завода, управление автомобильного транспорта (УАТ), управление железнодорожного транспорта (УПЖТ), а также вспомогательные цеха и предприятия с единой инфраструктурой.

Утвержденные промышленные запасы руды на действующих месторождениях обеспечат работу предприятия в течение не более 50 лет. Свыше 70% произведенной продукции экспортируется в восемь стран мира.

Товарной продукцией комбината является черновая медь, аффинированные драгоценные металлы, цинк металлический, серная кислота, кадмий металлический и молибденовый концентрат.

Согласно принятой Программе дальнейшее устойчивое и сбалансированное развитие комбината будет осуществлено за счет внедрения новых технологий и оборудования, вовлечения в переработку забалансовых отвальных руд месторождения Кальмакыр, а также освоения Хандизинского месторождения полиметаллических руд, реконструкции металлургического и сернокислотного переделов, применения эффективных энергосберегающих и экологически безопасных технологий, увеличения производства конкурентоспособной, экспортно-ориентированной и импортозамещающей продукции.

Среди инвестиционных проектов, имеющих большую практическую значимость для дальнейшего роста экономики республики, – проект «Отработка полиметаллических руд месторождения «Хандиза» [4].

Целью и задачами проекта является использование минерально-сырьевой базы для увеличения производства цветных и благородных металлов.

Для разработки проектной документации были привлечены ведущие проектные организации Республики Узбекистан и Российской Федерации.

Генеральным подрядчиком проектных работ Постановлением правительства назначен институт «Узтяжнефтегазхимпроект» при Министерстве экономики Республики Узбекистан.

За последние три года институтом «Узтяжнефтегазхимпроект» в качестве генерального подрядчика по проектным работам совместно с инициатором проектов ОАО «Алмалыкский ГМК» успешно разрабатывается и реализуются ряд инвестиционных проектов.

Для достижения целей проекта предусмотрено строительство ГОК «Хандиза» в составе: подземный рудник, обогатительная фабрика, объекты инфраструктуры и автодорога Кенгузар-Дибадам.

Проектирование освоения Хандизинского месторождения рассматривалось начиная с 1970–х годов. Однако ввиду очень сложного горного рельефа оно неоднократно откладывалось. К настоящему времени перерабатывающие мощности ОАО «Алмалыкский ГМК» начали ощущать дефицит в полиметаллических рудах.

Это послужило обоснованием возврата к вопросу освоения Хандизинского месторождения полиметаллических руд.

Предпроектные работы по освоению этого месторождения были начаты 2005 году и закончены в 2007–2008 гг. С 2009 года начались строительные работы по этому объекту: реконструкция автодороги, связывающей горнодобывающий и перерабатывающий комплекс, жилой поселок (поселок Дибадом), промплощадка подземного рудника, объекты обогатительной фабрики.

Производительность рудника и обогатительной фабрики по добыче и переработки руды на месторождении «Хандиза» взаимоувязаны между собой и составляют 650 тыс. т в год как при добыче, так и переработке. При указанной производительности предприятие обеспечено запасами на 33 года.

Исходя из геологических и горнотехнических условий, а также учитывая рельеф местности в районе расположения месторождении «Хандиза», был принят подземный способ добычи руды как наиболее оптимальный. Вскрытие запасов будет осуществлено наклонными автотранспортными уклонами с использованием существующей геологоразведочной штольни №10.

Назначение вскрывающих выработок следующее:

Штольня №10 будет использоваться для отработки верхней части запасов в отметках 1400-1360 м с применением самоходной горнотранспортной техники, а также для подачи свежего воздуха в горные работы и использования в качестве запасного аварийного выхода.

Транспортный уклон предназначен для выдачи горной массы (руды и породы) на поверхность, прокладки инженерных коммуникаций, а также для выброса отработанного воздуха из подземных горных работ.

Порожняковый уклон используется для движения порожнего транспорта, доставки в горные работы людей и материалов, прокладки коммуникаций энергоснабжения и водоснабжения, а также выдачи загрязненного воздуха.

Учитывая горнотехнические характеристики залегания рудных тел и вмещающих пород (руды и породы весьма крепкие – f=12-19, устойчивые), для отработки месторождения принято несколько типов систем разработки.

Объекты проектирования

Месторождение «Хандиза» расположено в Сурхандарьинской области, в 43 км на северо-восток от районного центра Сариассия в Республике Узбекистан.

Запасы месторождения «Хандиза» были рассмотрены ГКЗ СССР и утверждены протоколом №7312 от 18.12.1974 г.: категории C_1+C_2 в количестве – 20918,68 тыс. т. Запасы категории C_1 составляют: руды – 20420,66 тыс. т с содержанием в ней металлов: цинка – 1349,47, свинца – 671,23, меди – 173,1 тыс. т, серебра – 2333,9, кадмия – 8469,92, золота – 7,064 т.

Производительность рудника и обогатительной фабрики по добыче и обогащению руды на месторождении «Хандиза» взаимоувязаны между собой и составляют 650 тыс. т в год. При указанной производительности предприятие обеспечено запасами на 33 года.

Исходя из геологических, горнотехнических условий и параметров рудных тел, на месторождении «Хандиза» принят наиболее оптимальный подземный способ добычи руды. Вскрытие запасов, учитывая рельеф, будет осуществлено наклонными автотранспортными уклонами и существующей геологоразведочной штольней №10, которая была проведена ранее для ведения геологоразведочных работ.

Проблематика работы

Автоматизация производственных процессов добычи руды.

Решение вопросов автоматизации процессов добычи руды на горно-обогатительном комплексе «Хандиза» (ГОК «Хандиза») предусматривается в рамках создания автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ).

АСОДУ рудника «Хандиза» предназначена для оперативного контроля и управления всем производственным циклом добычи руды. АСОДУ обеспечивает достижение следующих целей:

- повышение эффективности управления на основе оперативной и достоверной производственной информации;
- создание информационного инструмента для обнаружения и использования источников экономии производственных и непроиз-

водственных затрат и создание основы для принятия управленческих решений высокого качества;

– снижение влияния человеческого фактора при подготовке и принятии управленческих решений.

Структура системы АСОДУ приведена на рис 1.

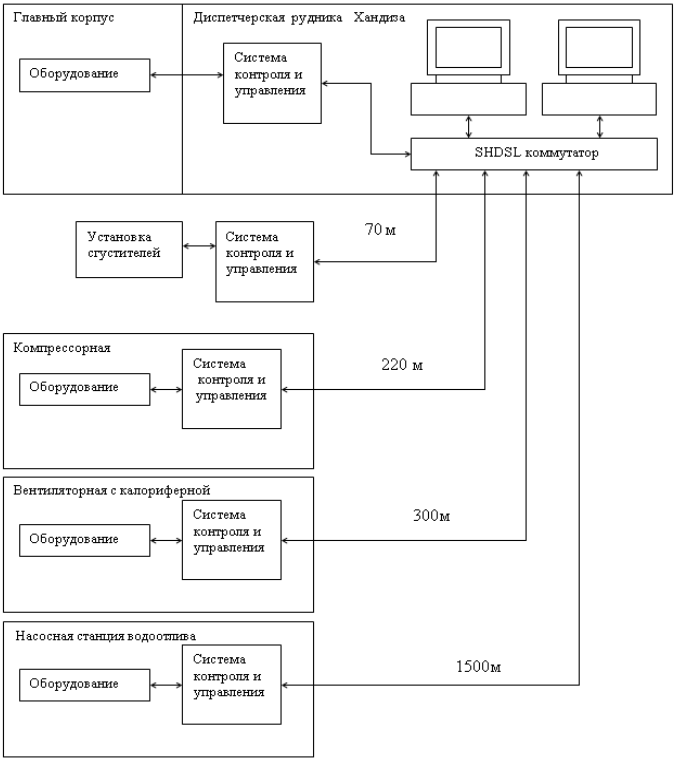


Рис. 1 Структура системы АСОДУ рудника «Хандиза»

Архитектура АСОДУ 2-уровневая:

I уровень – автоматизированная система управления технологическими процессами объектов:

– компрессорная станция;

– электрокалориферная и вентиляторная;

– установка очистки шахтных вод;

– насосная станция водоотлива.

II уровень – оперативно-диспетчерское управление производством (ОДУП).

Основными функциями автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) являются:

– контроль состояния технологического процесса, т.е. измерение основных технологических параметров;

– сбор информации о состоянии технологического процесса и ее первичная обработка, заключающаяся в опросе датчиков параметров процессов со стандартными выходными сигналами, проверке достоверности сигналов, масштабировании, фильтрации и т.п.;

– сбор информации о состоянии основного технологического оборудования и устройств управления, заключающийся в опросе и обработке дискретных сигналов;

– реализация функций прямого цифрового регулирования (расчет, выдача и реализация управляющих воздействий), обеспечивающая стабилизацию отдельных технологических параметров или их соотношения;

– представление оперативному персоналу информации и обеспечение комфортной процедуры его общения с системой в рамках решения задач централизованного контроля и прямого цифрового регулирования;

– учет исходной руды и конечной продукции, расхода воды и энергоресурсов.

АСУТП объектов рудника представляет собой систему, реализуемую на базе современных средств отбора, передачи, переработки и представления информации, включая высокопроизводительные средства контроллерной и вычислительной техники, обеспечивающие контроль и управление технологическими процессами. АСУТП проектируется с учетом требований непрерывной работы в течение 24 ч в сутки в реальных условиях производства. Все оборудование контроля и управления, устанавливаемое непосредственно в технологической зоне, обеспечивает выполнение заданных функций при температуре от +5 до +50°С, имеет исполнение и степень защиты, соответствующие условиям внешней среды в месте их установки.

Оборудование систем контроля и управления питается от источников переменного тока напряжением 220 В или постоянного тока 24 В. Для программируемых логических контроллеров и компьютеров предусматривается система бесперебойного питания, обеспечивающая непрерывную работу в течение 30 мин.

При организации каналов измерения и представления информации используется международная система единиц.

В проекте предусматриваются все необходимые меры для обеспечения безопасности оперативного и обслуживающего персонала.

Все модули контроллеров имеют малое энергопотребление и не требуют принудительной вентиляции. Модули в стандартном исполнении предназначены для работы в температурных условиях от +5 до $+55^0$С.

Основными функциями системы оперативно-диспетчерского управления (ОДУП) является:

– автоматический сбор, контроль и архивирование основных технологических параметров с уровня АСУ ТП для оперативного контроля и управления за ходом всего производства;

– автоматический сбор параметров о состоянии основного технологического оборудования для принятия решения о рациональной загрузке оборудования и максимального использования производственных мощностей;

– расчет технико-экономических показателей (ТЭП) и формирование суточных рапортов для оперативно-производственного планирования и диспетчеризации (управление производством);

– предоставление технологической информации в виде мнемосхем, трендов, таблиц, гистограмм для принятия решений по предупреждению и устранению нарушения хода производственного процесса;

– координация и принятие решений по управлению между основным и вспомогательным производством;

– передача основных технико-экономических показателей (ТЭП) в центральную диспетчерскую управления ОАО «Алмалыкский ГМК».

Автоматизация производственных процессов обогащения

Решение вопросов автоматизации вновь строящейся обогатительной фабрики по переработке полиметаллических руд предусматривается в рамках создания АСУТП.

Основными целями создания АСУТП является достижение на базе современной технологии и надежного технологического оборудования:

– эффективного использования перерабатываемого сырья за счет высокого извлечения полезных компонентов;

– стабильного качества выпускаемых медного, свинцового и цинкового концентратов;

– эффективного использования технологического оборудования за счет достижения высоких удельных нагрузок и коэффициентов движения;

– эффективного использования энергоносителей и реагентов за счет снижения удельных расходов.

В сферу ответственности проектируемой АСУТП входит кон-

троль и управление следующими технологическими переделами:

– прием исходной руды;

– измельчение;

– коллективная медно-свинцовая флотация;

– цикл медно-свинцовой селекции;

– цинковая флотация;

– обезвоживание и отгрузка концентратов;

– приготовление реагентов;

– сгущение и транспортировка хвостов.

Автоматизированная система управления технологическими процессами обогатительной фабрики представляет собой систему, реализуемую на базе современных средств отбора, передачи, переработки и представления информации, включая высокопроизводительные средства контроллерной и вычислительной техники, обеспечивающие контроль и управление технологическими процессами.

Основными функциями АСУТП являются:

– контроль состояния технологического процесса, т.е. измерение основных технологических параметров;

– контроль элементного состава исходной руды и продуктов обогащения;

– сбор информации о состоянии технологического процесса и ее первичная обработка, заключающиеся в опросе датчиков параметров процессов со стандартными выходными сигналами, проверке достоверности сигналов, масштабировании, фильтрации и т.п.;

– сбор информации о состоянии основного технологического оборудования и устройств управления, заключающийся в опросе и обработке дискретных сигналов;

– реализация функций прямого цифрового регулирования (расчет, выдача и реализация управляющих воздействий), обеспечивающая стабилизацию отдельных технологических параметров или их соотношения;

– представление оперативному персоналу информации и обеспечение комфортной процедуры его общения с системой в рамках решения задач централизованного контроля и прямого цифрового регулирования;

– учет исходной руды и конечной продукции, расхода воды и реагентов.

Структура АСУТП представлена на рис 2.

АСУТП имеет распределенную архитектуру, где все локальные подсистемы контроля и управления объединены в единое информационное пространство с помощью цифровой сети.

Автоматизированная система управления проектируется с учетом требований непрерывной работы в течение 24 ч в сутки в реальных условиях обогатительного производства.

Все оборудование контроля и управления, устанавливаемое непосредственно в технологической зоне, обеспечивает выполнение заданных функций при температуре от +5 до +50°С, имеет исполнение и степень защиты, соответствующие условиям внешней среды в месте их установки.

Оборудование систем контроля и управления питается от источников переменного тока напряжением 220 В или постоянного тока 24 В. Для программируемых логических контроллеров и компьютеров предусматривается система бесперебойного питания, обеспечивающая непрерывную работу в течение 30 мин.

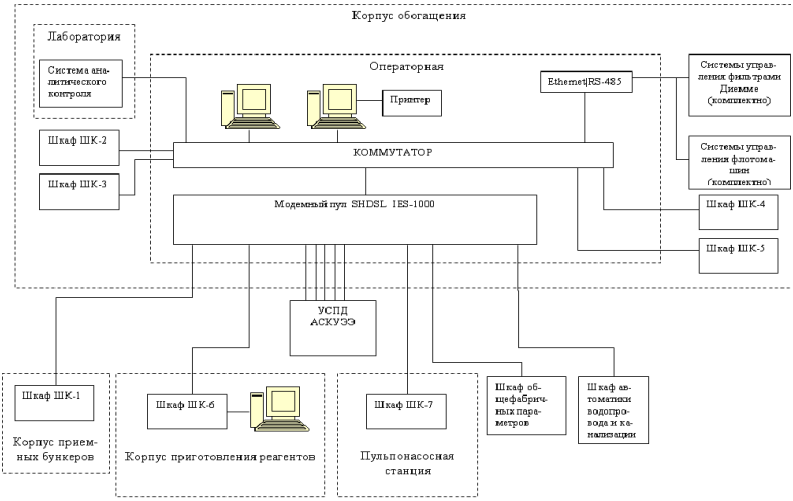


Рис. 2. Структура системы АСОДУ

При организации каналов измерения и представления информации используется международная система единиц.

В проекте предусматриваются все необходимые меры для обеспечения безопасности оперативного и обслуживающего персонала.

Список литературы

1. Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-1072 от 12 марта 2009 года «О Программе мер по реализации важнейших проектов по модернизации, техническому технологическому перевооружению производства на 2009-2014 годы».

2. Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-1442 от 15 декабря 2010 года «О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 годах».

3. Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-1100 от 16.04.2009 г.

4. Отработка полиметаллических руд на месторождения горно-обогатительного комплекса «Хандиза»: ТЭО проекта – Ташкент: Ин-т «Узтяжнефтегазхимпроект», 2009. – Т. 1-3.

Работа представлена д.т.н., академиком МАНЭБ, профессором, заместителем директора института «Узтяжнефтегазхимпроект» Республики Узбекистан Каландаровым П.И.

Дата представления работы: 17.03.2011.

ПРОЕКТНОЕ РЕШЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА НА НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДАХ УЗБЕКИСТАНА

П.И. Каландаров, М.К. Назарбеков, Б.П. Искандаров

ГИ «Узтяжнефтегазхимпроект»,
Узбекистан, 100000, г. Ташкент, ул. Мустакиллик, д. 66,
uz-ogir@cron.uz

В работе рассматривается проектное решение и реализация программного обеспечения системы автоматизации технологических процессов производства на Унитарном дочернем предприятии – Мубарекском газоперерабатывающем заводе Республики Узбекистан. Предусматриваются мероприятия, обеспечивающие охрану труда, максимальную надежность и безопасность эксплуатации объекта в соответствии с действующими нормами и правилами по пожарной безопасности, охране труда, технике безопасности и промышленной санитарии.

THE DESIGN DECISION AND REALISATION OF THE SOFTWARE OF SYSTEM OF AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURE AT PETROGAS-PROCESSING FACTORIES

P.I. Kalandarov, M.K. Nazarbekov, B.P. Iskandarov

In work the design decision and realization of the software of system of

automation of technological processes of manufacture on Unitary affiliated the enterprise Mubareksky gas-processing factory of Republic Uzbekistan is considered. The actions providing a lab our safety, maximum reliability and safety of operation of object according to effective standards and rules on fire safety, a lab our safety, the safety precautions and industrial sanitary are provided.

Актуальность работы

В проекте представлены решения по оснащению технологических объектов основного и вспомогательных производств средствами контроля, автоматического регулирования и управления в объеме, обеспечивающем их эксплуатацию из помещений операторных с помощью КТС АСУ ТП без постоянного присутствия обслуживающего персонала непосредственно у технологических аппаратов и агрегатов.

Для обеспечения высокого темпа развития экономики Республики Узбекистан и удовлетворения потребности в жидких углеводородах проблема увеличения глубины извлечения ценных компонентов и производства сжиженного газа из природного газа на УДП «Мубарекский ГПЗ», получение пропан-бутановой смеси является актуальной задачей.

Введение

Основной объем природного газа в Республике Узбекистан перерабатывается на Унитарном дочернем предприятии (УДП) – Мубарекском Газоперерабатывающем заводе (ГПЗ) и УДП «Шуртаннефтегаз».

На УДП «Мубарекский ГПЗ» природный газ очищается от сероводорода (H_2S), частично от углекислого газа (CO_2), и затем основная их часть (около 85%) без дополнительной переработки направляется к потребителям. В то же время в республике на УДП «Шуртаннефтегаз» имеется опыт глубокого извлечения из природного газа с применением турбодетандерных агрегатов таких ценных компонентов, как пропан-бутановая фракция и газовый конденсат.

Сжиженный углеводородный газ производят на предприятиях отрасли в основном двумя способами:

– путем отпарки легколетучих углеводородов из нестабильного газового конденсата и выделения пропан-бутановой фракции на установках стабилизации (УСК) Мубарекского ГПЗ, а также на установках переработки нефти и газового конденсата Бухарского и Ферганского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ);

– путем глубокого охлаждения природного газа за счет эффекта расширения газа в турбодетандере с последующей ректификацией выделенного конденсата на установке получения пропан-бутановой смеси предприятия «Шуртаннефтегаз» и при применении внешнего холо-

дильного цикла на Шуртанском газохимическом комплексе.

Для увеличения производства сжиженного газа из природного на УДП «Мубарекский ГПЗ» начато строительство установки получения пропан-бутановой смеси (УПБС). Разработчиком данного ТЭО проекта является институт «Узтяжнефтегазхимпроект».

Сырьем для установки получения пропан – бутановой смеси является природный газ, поступающий с установки аминовой сероочистки Мубарекского газоперерабатывающего завода.

В состав установки получения пропан-бутановой смеси входят следующие основные системы:

– дожимная компрессорная станция;

– установка адсорбционной осушки газа (3 нитки производительностью по 4 млрд $м^3$/год каждая);

– установка получения пропан-бутановой смеси (3 нитки производительностью по 4 млрд $м^3$/год каждая);

– прирельсовый резервуарный парк.

Объектами автоматизации технологических процессов установки получения пропан-бутановой смеси являются:

– установка мехочистки и осушки газа с выходными фильтрами;

– площадка буферных емкостей сжиженного газа;

– пункт замера газа;

– площадка факела.

Основные параметры проекта

Проектом предусматривается строительство дожимной компрессорной станции для компримирования природного газа, установки цеолитовой осушки газа и установки получения пропан-бутановой смеси, с подачей осушенного товарного газа в магистральную газотранспортную систему АК «Узтрансгаз».

Проектная производительность установок по входному газу составляет 12,0 млрд $м^3$ в год.

Реализация проекта позволит производить до 258,3 тыс.т в год сжиженного газа, до 125,0 тыс. т в год газового конденсата и 11,58 млрд $м^3$ в год осушенного товарного газа.

Установка цеолитовой осушки состоит из 3-х технологических ниток производительностью 4,0 млрд $м^3$ в год каждая. В ее состав входят четыре параллельно работающих адсорбера, из которых три аппарата постоянно находятся в режиме адсорбции и один – на регенерации и охлаждении.

Установка получения пропан-бутановой смеси (УПБС) состоит из 3-х технологических ниток производительностью 4 млрд $м^3$ в год каждая. Процесс выделения пропан-бутановой смеси из природного

газа осуществляется методом охлаждения и частичной конденсации природного газа за счет эффекта расширения исходного газа в турбодетандере с последующей ректификацией выделенного конденсата.

Основные проблемы

При проектировании и реализации программного обеспечения АСУ ТП производства на нефтегазоперерабатывающих заводах и для их безопасности эксплуатации, контроля и управления технологическими процессами установки пропанобутановой смеси (УПБС) используется автоматизированная информационно-измерительная система управления технологических процессов (АСУ ТП).

Система автоматизации обеспечивает контроль, регулирование и сигнализацию технологических параметров, работу установки в заданном режиме, представление информации.

Принятый уровень контроля и автоматизации обеспечивает безаварийную работу установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала непосредственно на технологических площадках.

Технологичность предлагаемых решений

Предлагаемая технология цеолитовой осушки газа и получения пропан-бутановой смеси отвечает современным требованиям и нормам. Предусмотренное к использованию оборудование является эффективным с точки зрения достижения требуемых проектных параметров.

В проекте предусматривается использование известных, надежных технологических схем переработки газа и оборудования, аналогичного применяемому на площадках Кокдумалакского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) и Шуртанского газоконденсатного месторождения (ГКМ), отвечающих современным требованиям производства. На Мубарекском ГПЗ имеется возможность обеспечения необходимой потребности в энергоресурсах (пар, вода, электроэнергия и др.) и коммуникационных систем за счет существующих резервных мощностей Мубарекского ГПЗ. На рисунке приведена схема и функции АСУ ТП, реализованные в данном проекте.

Техническая характеристика системы автоматизации

Комплект системы управления подразделяется на датчики технологических параметров по месту (датчики температуры, давления, перепада давления, уровня, расхода) и щиты. В качестве датчиков для измерения основных технологических параметров выбраны приборы с унифицированным выходным сигналом 4–20 мА. Уровень и вид взрыва защиты датчиков, размещаемых во взрывоопасных зонах, отвечают требованиям ПУЭ.

В качестве датчиков технологических параметров применяются:

– микроволновый измеритель уровня Micropilot FMR 130;

– переключатель предельного уровня Liguiphant FDL 30, Endress Hauser;

– датчик перепада давления модели 3051 CG, Fisher Rosemount;

– датчик давления модели 3051 CG, Krohne;

– ротаметр H250, Krohne;

– ультразвуковой расходомер UFM 500K, Endress Hauser;

– датчик уровня (байковый), Endress Hauser;

– измерительный преобразователь d TRANS p 02 DELTA;

– приборы аналитического контроля, Endress Hauser.

– термометры ТСП-0595, выпускаемые ОАО «Теплоприбор», г. Челябинск.

Контроль основных технологических параметров осуществляется на мониторах промышленных ПЭВМ.

Автоматическое регулирование

Управление и контроль осуществляется техническими и программными средствами АСУ ТП.

В качестве исполнительных механизмов выбраны регулирующие клапаны с исполнительным мембранным механизмом в комплекте с электропневматическим позиционером.

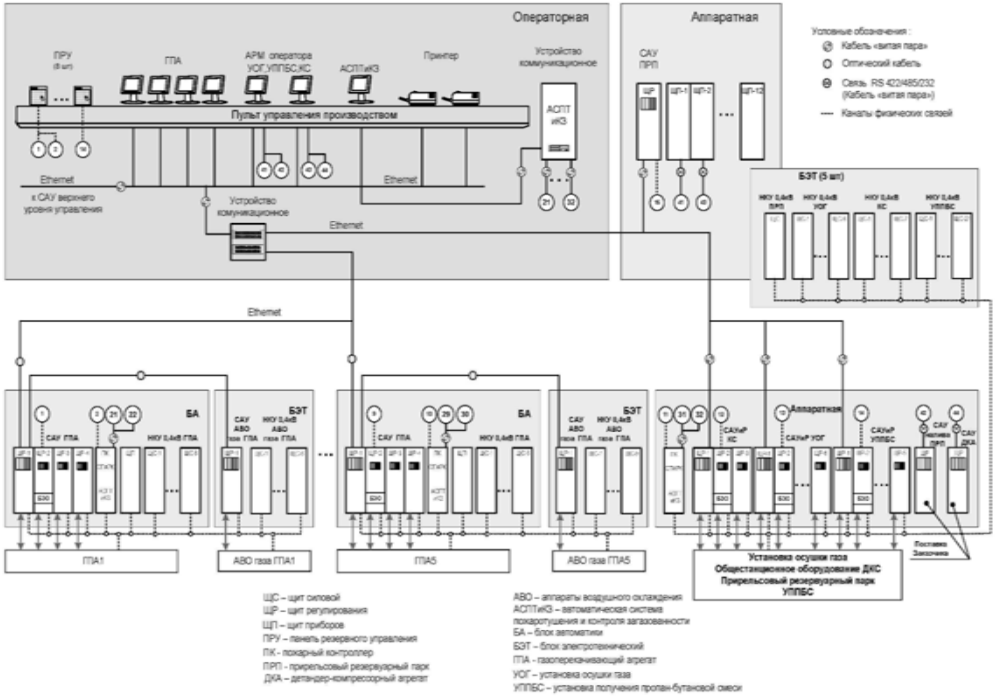
В качестве позиционеров для отечественных регулирующих клапанов применены электропневмопозиционеры ЭПП-Ех.вихревой расходомер VFM 3100F, Krohne;

В операторной и производственных помещениях установлена светозвуковая предупредительная и предаварийная сигнализация отклонения технологических параметров и загазованности воздушной среды. Сигнализация осуществляется программными средствами АСУ ТП.

Управление запорной арматурой осуществляется дистанционно с пульта управления ПЭВМ. Местный режим предназначен для опробования работы арматуры и осуществляется временным подключением постов управления.

Электрическое питание средств системы автоматизации производится переменным током напряжением 220+22/-33 В с частотой (50 ± 1) Гц.

Электрическое питание системы управления ПАЗ производится от источника бесперебойного питания UPS, обеспечивающего работоспособность системы управления установки в течение 30 мин переменным напряжением 380+38/-57 В с частотой (50 ± 1) Гц.



Структурная схема САУ и Р установки получения пропан-бутановой смеси на УДП «Мубарекский ГПЗ»

Потребляемая мощность СА – 2 кВт.

Потребляемая мощность ПАЗ – 0,5 кВт.

Пневматическое питание регулирующих клапанов, запорных кранов осуществляется осушенным и очищенным от пыли и масла воздухом давления 0,5 – 0,6 МПа через фильтр и редуктор.

Потребление воздуха – 25,0 $м^3$/ч.

Показатели надежности

Надежность выполнения основных функций системы управления обеспечивают:

- средняя наработка на отказ не менее 20000 ч;
- среднее время восстановления не более 0,5 ч;
- коэффициент готовности по основным функциям не менее 0,99;
- средний срок службы не менее 10 лет;
- периодичность обслуживания не менее 1 года.

Показатели надежности датчиков:

- время наработки на отказ не менее 100000 ч;
- срок службы не менее 10 лет.

Сведения о соответствии изделия требованиям безопасности

Установка относится к взрывоопасным и располагается в зоне В-1г со средой IIАТII.

Система автоматизации обеспечивает срабатывание защитных блокировок при нарушении параметров и последовательности ведения технологического процесса.

Приборы системы автоматизации и щиты устанавливаются в помещении, отнесенном по классификации ПУЭ к виду «нормальное». Приборы, устанавливаемые непосредственно у оборудования, имеют исполнение не ниже IP54 по ГОСТ14254-80. Приборы и средства управления, расположенные на щитах, имеют исполнение не ниже IP20 по ГОСТ14254-96.

Величина электрического сопротивления между заземляющими зажимами и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью шкафа, которая может оказаться под напряжением, не должна превышать 0,1 Ом в соответствии с ГОСТ 12.2.007.0.-75.

Органы управления и световой сигнализации снабжены надписями, указывающими на объекты, к которым они относятся.

На установке УПБС предусмотрена система противоаварийной автоматической защиты – ПАЗ (в составе уровня автоматического контроля АСУ ТП), предупреждающая о возникновении аварийной ситуации при отклонении параметров, определяющих взрывоопасность технологического процесса. Возврат технологического объекта в рабочее состояние после срабатывания ПАЗ производится обслуживающим персоналом.

Для контроля состояния воздуха и определения наличия в нем метана на площадке установлены датчики до взрывоопасной концентрации (ДВК). При наличии метана срабатывает предварительная сигнализация. В случае роста содержания метана в воздухе срабатывает аварийная сигнализация и вырабатывается сигнал на автоматическую аварийную остановку установки.

Для местного или дистанционного аварийного останова установки имеются кнопочные посты на площадке с оборудованием и один кнопочный пост на щите контроля и управления.

Предусматривается блокировка в МПЧ на срабатывание системы ПАЗ при любом режиме работы.

Электрика установки предназначена для обеспечения управления исполнительными механизмами технологического процесса.

Комплект электрики подразделяется на местные посты настройки, двигатели исполнительных механизмов, автоматические выключатели (вводные и локальные), пускатели.

Проектом предусмотрена световая сигнализация открытого – закрытого положений задвижек, включенного состояния насосов, сигнализация срабатывания выключателей момента двигателей задвижек, поступления электрического питания на щиты. Данная сигнализация реализована в АСУ ТП.

Электрическое питание осуществляется переменным током напряжением $380^{+38}/_{-57}$ В с частотой (50 ± 1) Гц.

Установленная мощность – 280 кВт.

Потребляемая мощность:

min – 165 кВт,

max – 250 кВт.

Установка УПБС относится к взрывоопасным и располагается в зоне В-1г со средой IIА-TII по ПУЭ(изд. 6).

Электрическая часть обеспечивает срабатывание защитных блокировок при поступлении сигналов от системы автоматизации при нарушении параметров и последовательности ведения технологического процесса.

Электрические щиты устанавливаются в помещении, отнесенном по классификации ПУЭ к виду «нормальное».

Электродвигатели на площадке установки имеют степень защиты не ниже IP54 по ГОСТ 14254-96.

Аппараты, установленные в электротехнических щитах, имеют степень защиты не ниже IP20 по ГОСТ 14254-96.

Уровень надежности и безопасности эксплуатации

В проекте предусмотрена установка оборудования на технологических линиях, оснащенных всеми системами для безопасной, на-

дежной и эффективной работы, в том числе: системами автоматизированного управления, контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), контроля загазованности и пожарообнаружения, пожаротушения, обогрева, вентиляции.

Для контроля и управления общестанционными технологическими процессами используется высоконадежная, апробированная в нефтегазовой отрасли система управления и автоматики.

Технология обеспечивает минимальное воздействие на окружающую среду и удовлетворяет установленным экологическим нормам.

При проектировании технологических установок были учтены требования безопасности труда и техники безопасности производства, предусмотренные СНиПами, ГОСТами и другими действующими правилами и нормами Республики Узбекистан.

Заключение

Таким образом, ввод в эксплуатацию УПБС увеличивается производства сжиженного газа и газового конденсата. Это направление развития газопереработки Узбекистана является одним из перспективных, так как связано с коммунально-бытовым потреблением сжиженного газа, поставкой его на экспорт, с национальной политикой перевода транспорта на сжиженный газ и охраной окружающей среды.

Система АСУ ТП обеспечивает надежное управление работой УПБС, выдачу и хранение достоверной информации с каждого технологического блока, нормальный останов при отключении электроэнергии, а также при аварийных ситуациях с отображением на экране монитора причины останова, обеспечивает работу ГПЗ в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Данная система является высоконадежной, апробированной в мировой практике нефтегазовой отрасли системой управления и автоматики.

Список литературы

1. Бекиров Т.М. Первичная переработка природных газов. – М.: Химия, 1987. – 256 с.

2. Мановян А.К.. Технология первичной переработки нефти и природного газа. – М.: Химия, 2001. – 568 с.

3. Каландаров П.И., Назарбеков М.К. Икрамов Г. Глубокая переработка природного газа с получением пропан-бутановой смеси на УДП «Мубарекский ГПЗ» // Проблемы энерго– и ресурсосбережения. 2009. – №1-2. – С. 113-118.

Работа представлена д.т.н., академиком МАНЭБ, профессором, заместителем директора института «Узтяжнефтегазхимпроект» Республики Узбекистан Каландаровым П.И.

Дата представления работы: 15.03.2011.

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ В ЗАДАЧАХ ТЕПЛОВОГО МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ПЕРВИЧНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СЛИТКА НА МНЛЗ

С.И. Лукьянов, Д.В. Швидченко, Р.С. Пишнограев, С.С. Красильников

ГОУ СПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*

ntc@magtu.ru

На современных МНЛЗ безаварийное производство высококачественных заготовок невозможно без теплового мониторинга процесса первичной кристаллизации слитка. Тепловой мониторинг осуществляется путем измерения температур медных стенок кристаллизатора в контрольных точках при помощи термопар. В тяжелых условиях эксплуатации термопары выходят из строя во время разливки стали. Применение методов двумерной интерполяции с целью определения значений температур участков медных стенок кристаллизатора в контрольных точках с неисправными термопарами позволит с минимальной погрешностью восстановить картину тепловых процессов.

APPLICATION OF TWO-DIMENSIONAL INTERPOLATION IN TASKS OF PRIMARY CRYSTALLIZATION INGOT THERMAL MONITORING ON CONTINUOUS CASTING MACHINES

S.I. Lukyanov, D.V. Shvidchenko, R.S. Pishnograev, S.S. Krasilnikov

On modern casters trouble-free production of high quality billets impossible without thermal monitoring of the primary crystallization of the ingot. Thermal monitoring is done by measuring the temperatures of the copper mold walls at the control points using thermocouples. In heavy-duty thermocouple fail during casting. Application of two-dimensional interpolation methods to determine the values of the copper mold walls temperature in the control points with a faulty thermocouple will with precision and accuracy to reconstruct the thermal processes.

Актуальность работы

В состав систем мониторинга технологического процесса всех современных машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) включены системы теплового контроля процесса первичной кристаллизации слитка. Непрерывный тепловой контроль процесса первичной кристаллизации слитка позволяет технологическому персоналу своевременно выявлять отклонения от нормы процесса формирования короч-

ки слитка в кристаллизаторе и своевременно корректировать основные параметры непрерывной разливки стали с целью повышения качества литой заготовки или предотвращения аварийных ситуаций [1].

Тепловой контроль осуществляется путем анализа значений температур участков медных стенок кристаллизатора, измеренных термопарами, встроенными в контрольные точки указанных стенок. Опыт эксплуатации термопар на МНЛЗ ОАО «ММК», ОАО «АМЗ», ОАО «Северсталь», ОАО «НЛМК» показал, что в условиях повышенной вибрации и агрессивной окружающей среды часть термопар выходит из строя непосредственно в режиме разливки стали, в котором произвести замену неисправных термопар невозможно.

Формальная математическая обработка или отбраковка значений температур участков медных стенок кристаллизатора, полученных от неисправных термопар, приводит к значительному искажению диагностической информации и, как следствие, снижению достоверности системы теплового мониторинга.

Задача нахождения с минимальной погрешностью значений температур участков медных стенок кристаллизатора в контрольных точках с неисправными термопарами является актуальной. Решение указанной задачи позволило получить более достоверную и качественную картину процесса теплообмена между слитком и медными стенками кристаллизатора.

Краткая характеристика объекта исследования

Особенности применения метода двумерной интерполяции рассмотрим на примере кристаллизатора типовой криволинейной МНЛЗ №1 ОАО «ММК». В стенки каждого кристаллизатора МНЛЗ №1 встроены 108 термопар, причем шаг установки термопар нерегулярный как по вертикали, так и по горизонтали (рис. 1)

Рис. 1. Координаты расположения термопар на медных стенках кристаллизатора

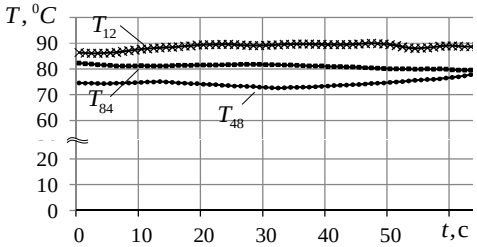


Рис. 2. Временные диаграммы значений температур участков медных стенок кристаллизатора

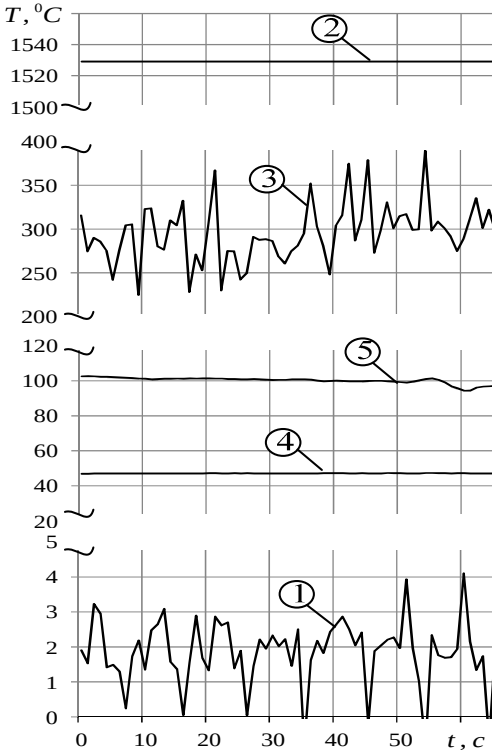


Рис. 3. Временные диаграммы изменения значений температур участков медных стенок кристаллизатора

Аналоговые сигналы от термопар поступают в систему сбора данных, в которой происходит их оцифровка и первичная обработка. Временные диаграммы цифровых значений температур участков медной стенки кристаллизатора представлены на рис. 2 и 3.

Характерными видами неисправностей термопар являются (см. рис. 3): короткое замыкание в электрической цепи термопары (график 1); обрыв в электрической цепи термопары (график 2); наличие высокого уровня помех, свидетельствующих о неисправности термопары либо цепей регистрирующей аппаратуры (график 3). Кроме собственно неисправностей термопар или цепей устройств регистрации их показаний классифицирована неисправность, связанная с нарушениями технологии монтажа термопар в стенки кристаллизатора, а именно отсутствие надежного теплового контакта чувствительного спая тер-

мопары с поверхностью медной стенки кристаллизатора (рис. 3, график 4).

Триангуляция координатной сетки участка рабочей поверхности кристаллизатора

Из ранее сказанного следует, что значения температур участков медных стенок кристаллизатора, полученные от неисправных термопар, следует заменять некоторыми приближенными спрогнозированными значениями. Решение данной задачи с учетом нерегулярности сетки координат установки термопар в стенки кристаллизатора получено путем первоначальной триангуляции двумерного пространства координатной сетки кристаллизатора с последующим построением интерполированных значений температур по оси аппликат на основании расположения предсказываемой координаты по осям нового базиса – координат в треугольнике.

Триангуляция сетки координат установки термопар построена в соответствии с условием Делоне, при выполнении которого ни одна из вершин полученных треугольников не может лежать внутри окружности, построенной по трем вершинам любого из указанных треугольников. Для построения триангуляции применён так называемый простой итеративный алгоритм [2].

Триангуляция координатной сетки позиций термопар горизонтальной развертки кристаллизатора МНЛЗ №1 ОАО «ММК», соответствующая условию Делоне, представлена на рис. 4.

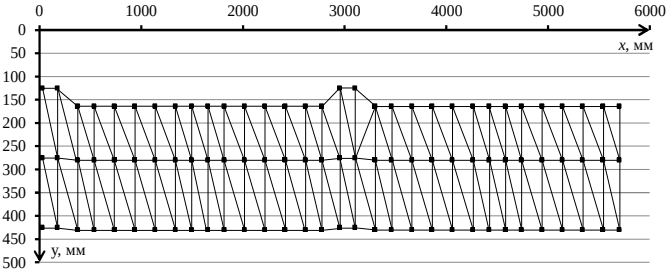


Рис. 4. Триангуляция координатной сетки термопар, соответствующая условию Делоне

Двумерная интерполяция мгновенных значений температур части рабочей поверхности кристаллизатора

Интерполирующий полином в переменных треугольника имеет вид [3]:

$$T^*(x,y)=\sum_{j=1}^{3}\left[T_j(x,y)\cdot q_j(x,y)+\left(\frac{\partial}{\partial x}T(x,y)\right)_j+r_i(x,y)+\right.$$

$$\left.+\left(\frac{\partial}{\partial y}T(x,y)\right)_j\cdot S_j(x,y)\right], \qquad (1)$$

где $T_j(x,y)$ – значение температуры участка медной стенки кристаллизатора в вершине треугольника с координатами x, y;

$\frac{\partial}{\partial x}T(x,y)$, $\frac{\partial}{\partial y}T(x,y)$ – градиенты температур в направлении соответствующей координаты;

i, *j*, *k* – произвольная перестановка из 1, 2, 3.

В выражении (1) приняты следующие сокращения:

$$q_j=-2p_j^3+3p_j^2+2p_j\,p_k\,p_i;\ \ p_j(x,y)=\frac{D_{ki}}{C_{ki}};$$

$$r_j(x,y)=p_j^2\left(p_j\cdot\xi_{ij}+p_k\xi_{kj}\right)+\frac{1}{2}p_j\,p_k\,p_i\left(\xi_{ij}+\xi_{ki}\right);$$

$$S_j(x,y)=p_j^2\left(p_j\cdot\eta_{ij}+p_k\eta_{kj}\right)+\frac{1}{2}p_j\,p_k\,p_i\left(\eta_{ij}+\eta_{ki}\right);$$

$$D_{ki}=\begin{vmatrix}1 & x & y\\ 1 & x_k & y_k\\ 1 & x_i & y_i\end{vmatrix};\qquad C_{ki}=\begin{vmatrix}1 & x_j & y_j\\ 1 & x_k & y_k\\ 1 & x_i & y_i\end{vmatrix};\qquad \xi_{mn}=x_m-x_n;$$

$\eta_{mn}=y_m-y_n$.

С целью достижения непрерывности градиентов температур в направлении координаты *x* на левой и правой границах координатной сетки кристаллизатора периметр кристаллизатора симметрично отображался влево и вправо, а триангуляция осуществлялась для тройного периметра.

Координаты *x* и *y* для интерполирующего полинома выбраны по следующему принципу: рабочий периметр кристаллизатора представлен в виде сетки с регулярным шагом по горизонтали и с сохранением распределения строк в три ряда по вертикали, причем шаг по вертикали выбран в соответствии с условием максимального приближения координат интерполированных значений $T^*(x,y)$ к координатам установки

термопар, наиболее часто встречающимся в рабочем периметре кристаллизатора.

Распределение мгновенных интерполированных значений температур горизонтального среза (150 мм от верхнего края) рабочего периметра кристаллизатора с шагом по горизонтали $\Delta l = 50$ мм представлено на рис. 5.

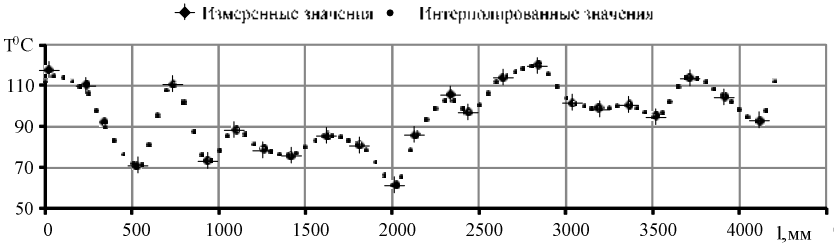


Рис. 5. Распределение мгновенных значений температур

Выполнена проверка адекватности распределения мгновенных интерполированных значений температур распределению мгновенных измеренных значений температур при наличии нескольких отключенных термопар. Характер изменения и величина расчетных интерполированных значений температур участков медных стенок кристаллизатора соответствует текущим условиям протекания процесса непрерывной разливки стали. Кроме того, коэффициент парной корреляции и максимальное значение относительной погрешности между выборками измеренных и интерполированных значений температур в каждой контрольной точке рабочей поверхности кристаллизатора за интервал времени не менее 120 с (с дискретой 1 с) составляют 0,96 и 0,3 соответственно.

Промышленная реализация

В результате проведенных исследований описанный математический аппарат реализован в виде программного модуля и интегрирован в системы теплового мониторинга МНЛЗ №1,5 ОАО «ММК». Интерполированные значения температур участков медных стенок кристаллизатора используются в качестве исходных данных в системах диагностирования зависания корочки слитка в кристаллизаторе, выявления повышенной неравномерности теплообмена между слитком и рабочей поверхностью кристаллизатора и системе прогнозирования возникновения продольных трещин в теле слитка.

Список литературы

1. Машины непрерывного литья заготовок. Теория и расчет / Л.В. Буланов, Л.Г. Корузин, Е.П. Парфенов. – Казань: «Идеал-Пресс», 2003. – 319 с.

2. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применения. – Томск: Изд-во Томск.ун-та, 2002. – 128 с.

3. Компьютерная графика. Полигональные модели / А.В. Шишкин, А.В. Борешков. – М.: «Диалог МИФИ», 2001. – 464 с.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 05.04.2011.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ПАРАДИГМА» КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ЦЕХОВОГО УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Ю. Доронин [1], П.Л. Макашов [1], А. В. Леднов[2], Ю.Н. Волщуков [2], А. В. Романенко [3]

[1]ООО "Парадокс"

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Калинина, д. 3, info@citparadox.ru*

[2]ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38, alednov@mail.ru*

[3]ЗАО «КонсОМ СКС»,

***Россия**, 455034, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Жукова, д. 13, info@konsom.ru*

В работе рассматривается специализированный программный комплекс «ПАРАДИГМА», обеспечивающий объединение разнородных систем АСУТП в единое пространство распределенных технологических данных с возможностью их оперативной обработки, накопления и вывода архивной информации, а также формирования событий и регистрации аварийных состояний. Данное решение позволяет обеспечить единую точку входа данных о технологическом процессе в системы класса MES.

SPECIALIZED SOFTWARE "PARADIGM" AS A PLATFORM FOR BUILDING SYSTEMS PRODUCTION CONTROL AND PROCESS CONTROL INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.Y. Doronin, P.L. Makashov, A.V. Lednov, Y.N. Volshchukov, A.V. Romanenko

In this paper the Specialization program complex "paradigm " provides the union between disparate systems into a single space control system distributed process data, with the possibility of expeditious processing, storage and display historical information, as well as the formation of events and registration of emergency conditions. This solution allows a single point of data entry on the technological process in the class of MES.

Актуальность работы

На крупных предприятиях объем необходимой для управления информации огромен, требует оперативного агрегирования и представления разным «слоям» информационного пространства предприятия. Данные представляются со своим масштабом времени и своим набором функций на разном уровне обработки и представления:

- уровень аналитических и прогнозирующих систем;
- уровень систем подготовки производства и управления производственными процессами;
- уровень систем управления технологическими процессами, осуществляющих непосредственное управление производственным оборудованием. Управление на этом уровне ведется программируемыми логическими контроллерами, а сбор, архивирование и отображение информации осуществляется посредством SCADA-систем.

Уровень АСУТП обычно представляет собой законченные локальные комплексы, которые строятся на базе различных сетевых архитектур, различных аппаратных и программных решений. Проблема консолидации данных из разнородных систем здесь стоит особенно остро [1–3].

Основные проблемы и решения

Специализированный программный комплекс «ПАРАДИГМА» обеспечивает объединение разнородных систем АСУТП в единое пространство распределенных технологических данных с возможностью их оперативной обработки, накопления и вывода архивной информации, а также формирования событий и регистрации аварийных состояний. Авторы статьи выделяют в качестве основных целей этого комплекса:

- построение единой точки ввода в MES систему достоверной информации, свободной от человеческого фактора;
- формирование из многообразия сигналов АСУ ТП интегрированного показателя, однозначно характеризующего режим работы агрегата или его узла.

Предлагаемое инструментальное программное обеспечение «ПАРАДИГМА», в котором для доступа к производственной информации реального времени, предоставляемой технологическим уровнем АСУТП, используются стандартные интерфейсы OLEDB или OPCDA (так называемые «мосты»), которые реализуются и для нестандартных интерфейсов. Считывание архивных данных осуществляется посредством OLEDB или OPCHDA. Получение событийной информации реализуется посредством интерфейса OPCA&E. Система базируется на реляционной базе данных Microsoft SQL Server (БД MSQL).

Специализированный программный комплекс «ПАРАДИГМА» является, по сути, интеграционным ядром между уровнем технологии и уровнем MES, что обеспечивает гибкий механизм для построения систем диспетчеризации и контроля. Реализуемые на данной платформе автоматизированные рабочие места (АРМ) строятся по Web-технологии, что позволяет подключать неограниченное число АРМов к ядру интеграционного комплекса. Реализация мнемосхем на стороне пользователей АРМов осуществляется с использованием технологии Flash, что, во-первых, упрощает разработку собственно мнемосхем, во-вторых, не требует дополнительного лицензирования.

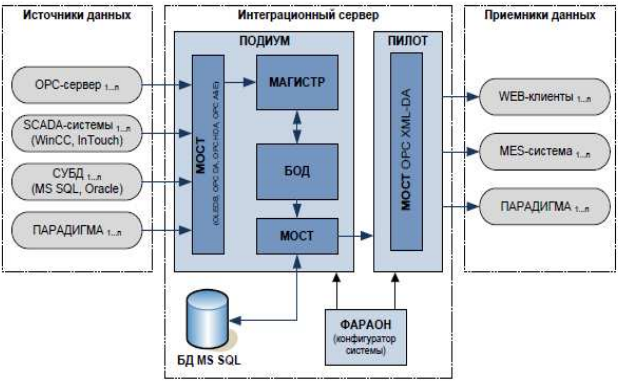
Все данные, собранные в ядре интеграционного комплекса, доступны по стандартным интерфейсам для любых систем АСУП предприятия, которые могут использовать мгновенные, событийные или архивные данные специализированного программного комплекса «ПАРАДИГМА» как единый консолидированный источник данных.

Для крупных предприятий, где много территориально разнесенных объектов автоматизации, специализированные программные комплексы «ПАРАДИГМА» могут объединяться в каскадную структуру через стандартно организованный интерфейс.

Архитектурно «ПАРАДИГМА» представляет собой девять отдельных модулей (см. таблицу), взаимосвязи между ними приведены на рисунке.

Архитектура специализированного программного комплекса «ПАРАДИГМА»

Решаемые задачи	*Компоненты СПК «ПАРАДИГМА»*
Сбор	Модуль оперативного сопряжения тегов (МОСТ)
Хранение	Центральная база данных (ЦБД)
Сервисная обработка	Буфер оперативных данных (БОД) Сервис обработки данных и агрегирования (СОТА) Сервис архивных данных (САД) Сервис обработки событий (СОС)
Обработка данных	Математико-алгоритмический интерпретатор специализированных технологических расчетов (МАГИСТР)
Отображение	Подсистема извлечения и локального отображения тегов (ПИЛОТ)



Архитектура специализированного программного комплекса «ПАРАДИГМА»

Заключение

Специализированный программный комплекс «ПАРАДИГМА» является информационной платформой при построении интеграционных систем на промышленных предприятиях, обеспечивающей: единый стандарт для решения интеграционных задач, использование единых технологий и единых форматов данных; единое консолидированное хранилище технологических данных; независимость от программных продуктов АСУ нижних и верхних уровней; построение иерархических систем автоматизации для территориально-распределенных организа-

ций; поддержка СУБД (для хранения данных используются СУБД MS SQL или InSQL).

Список литературы

1. Информационные системы производства. Дьявол в деталях / А.Г. Шопин, И.В. Занин //Автоматизация в промышленности. – 2010. – №8. – С. 29 – 32.

2. Vieille J. Manufacturing Information Systems: ISA88/95_Based Functional Definition // Automation World. – 2007. – №1.

3. Glenn N., Braun D. Lean MIS can't miss: Manufacturing information systems // InTech. – 2006. – №11.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОТВОДЯЩЕГО РОЛЬГАНГА ШИРОКОПОЛОСНОГО СТАНА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ

С.И. Лукьянов, Н.В. Швидченко, Р.С. Пишнограев, Д.В. Швидченко

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 3*

ntc@magtu.ru 8

Приведены сведения о разработанной математической модели электропривода роликов отводящего рольганга широкополосного стана горячей прокатки. Представлены результаты проверки адекватности модели и дальнейшие перспективы её применения.

THE HOT MILL LEADING OUT ROLL TABLE ELECTRO DRIVE MATHEMATICAL MODEL DEVELOPMENT

S.I. Lukyanov, N.V. Shvidchenko, R.S. Pishnograev, D.V. Shvidchenko

Some information about the hot mill leading out roll table electro drive mathematical model development is presented. Results of the model adequacy check and model's future use perspectives are shown.

Актуальность задачи

Отводящий рольганг (ОР) стана 2000 горячей прокатки предназначен для транспортирования горячекатаной полосы от чистовой груп-

пы клетей до моталок, осуществляющих смотку проката в рулон. Кроме этого, на отводящем рольганге при помощи ламинарного душирования происходит охлаждение полосы до температуры смотки, в зависимости от требуемых механических свойств, марки стали и сортамента полосы [1–3].

Структурно электропривод (ЭП) роликов ОР разделён на девять роликовых секций, питание электродвигателей которых осуществляется по групповой схеме от одного тиристорного преобразователя (ТП). Основными технологическими требованиями, предъявляемыми к ЭП роликов ОР являются: 1) создание продольных тянущих усилий в полосе при транспортировании головной её части; 2) минимизация продольных усилий, сообщаемых роликами ОР в режиме сопровождения полосы; 3) создание продольных тормозящих усилий в полосе при транспортировании хвостовой её части [4–7].

Исследования качества выполнения электроприводом ОР предъявляемых к нему технологических требований показали, что требование 2 не выполняется в 90% случаев прокатки полос. Требования 1 и 3 выполняются за счёт значительного рассогласования скорости движения полосы и линейной скорости образующих бочек роликов ОР, что приводит к повышенному износу бочек роликов и более частой их замене [7].

Поэтому задача разработки новых способов управления скоростными режимами работы электропривода ОР, обеспечивающими выполнение технологических требований с учётом снижения рассогласования скоростей полосы и образующих бочек роликов, является актуальной [8].

Характеристика исследований

Особенностью электропривода отводящего рольганга является то, что большую часть времени он работает в динамическом режиме. На рис. 1 представлена циклограмма первых трёх секций ОР при транспортировке полосы.

На графиках рис. 1 показано, что при подготовке к работе ОР в режиме *I* – транспортированию головной части полосы, в интервал времени $t = 20 – 25$ с задание на линейную скорость каждой секции ОР изменяется ступенчато на величину, достигающую $\Delta V_1 = 5$ м/с. Режим *I* завершается при захвате полосы принимающей моталкой, при этом задание на линейную скорость секций ОР ступенчато снижается до уровня линейной скорости прокатной клети ($\Delta V_2 = -4$ м/с). Сопровождение полосы (режим *II*, рис. 1) осуществляется с нарастанием скорости смотки полосы для сокращения времени смотки и поддержания температурных параметров проката. После выхода хвоста конца полосы из прокатной клети электропривод ОР переводится в режим *III*. В

данном режиме линейная скорость секций ОР ступенчато снижается до уровня 70-80% от скорости смотки (ΔV_3 = -3 м/с) [7].

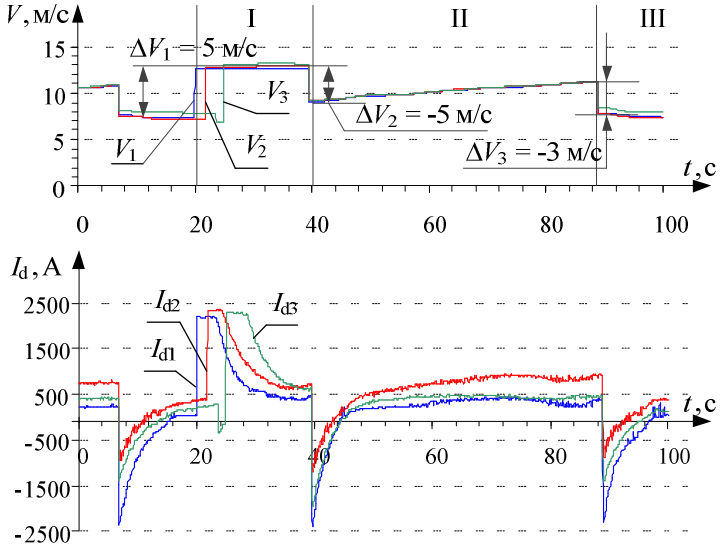


Рис. 1. Циклограмма работы одной секции отводящего рольганга: V – сигнал задания на скорость секции ОР; I_d – ток на выходе ТП секции; *t – время; I – режим транспортирования головной части полосы; II – режим сопровождения полосы; III – транспортирование хвостовой части полосы*

Из графиков$I_{d1\text{-}3}$ токов ТП секций ОР следует, что каждое ступенчатое изменение задания на скорость ОР приводит к существенным апериодическим динамическим переходным процессам в электроприводе ОР, которые необходимы при анализе качества выполнения электроприводом роликов отводящего рольганга технологических требований [7].

Для определения динамической составляющей в моментах электроприводов роликов ОР разработана математическая модель электропривода секции ОР.Структурная схема этой модели и принятые условные обозначения приведены на рис.2.

В разработанной модели, в отличие от известных, учитывается воздействие на моменты электродвигателей рольганга ламинарного охлаждения M'_{CN} и функциональная зависимость коэффициента трения на контакте ролик-полоса $\mu(\Delta V)$ [4, 5, 8, 9].

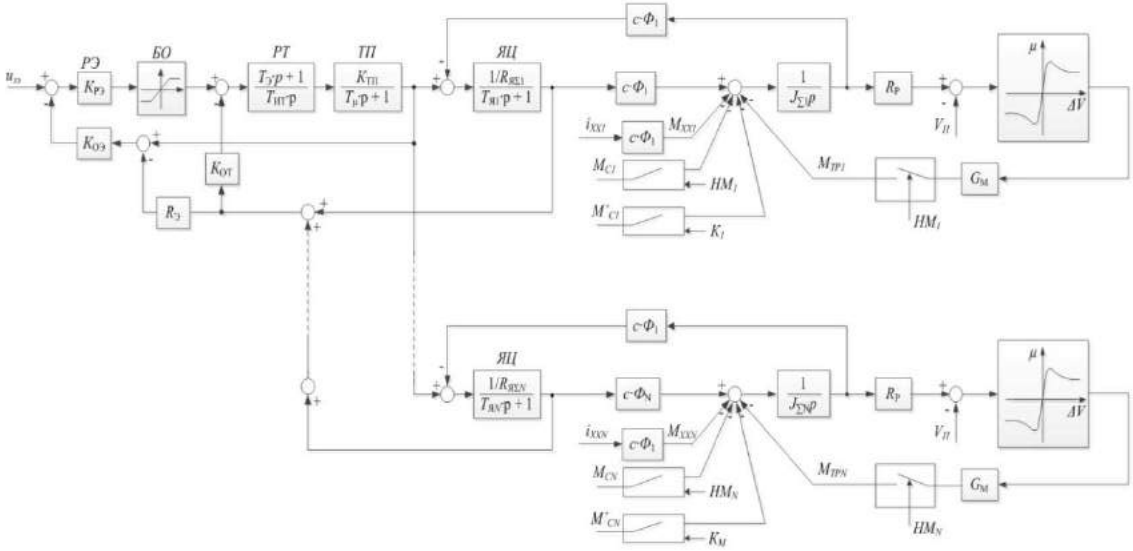


Рис. 2. Структурная схема электропривода роликовой секции ОР:
РЭ – пропорциональный регулятор ЭДС тиристорного преобразователя; БО – блок ограничения тока нагрузки электропривода секции ОР; РТ – пропорционально-интегральный регулятор тока нагрузки электропривода секции ОР; ТП – тиристорный преобразователь секции ОР; ЯЦ – якорная цепь электродвигателя ролика секции ОР; $u_{зэ}$ – напряжение задания на ЭДС ТП, В; $K_{РЭ}$ – коэффициент регулятора ЭДС; $K_{ОЭ}$ – коэффициент обратной связи по ЭДС ЭП секции ОР; $K_{ОТ}$ – коэффициент обратной связи по току ТП; $R_э$ – эквивалентное сопротивление ЭП, секции ОР, Ом; $K_{ТП}$ – коэффициент усиления ТП; $T_Э$ – эквивалентная электромагнитная постоянная времени ЭП секции ОР, с; $T_{НТ}$ – интегральная постоянная времени регулятора тока, с; T_μ – малая некомпенсируемая постоянная времени ТП, с; $R_{ЯΣj}$ – сопротивление якорной цепи j-го электродвигателя ролика ОР, Ом; $T_{Яj}$ – электромагнитная постоянная времени якорной цепи j-го электродвигателя, с; $c\Phi_j$ – произведение конструктивной постоянной электродвигателя на его поток, В·с; N – количество роликов в секции ОР

Результаты моделирования электропривода ОР

Выполнена проверка адекватности разработанной модели по графикам напряжения и тока ТП секции ЭП ОР. Вывод об адекватности модели сделан на основании выполнения условий [6, 10, 11]:

$$\begin{cases} R(I_d(t), I_{d\dot{I}}(t)) \geq 0{,}95; \\ \dfrac{\int_{t_1}^{t_2} I_d(t)dt}{\int_{t_1}^{t_2} I_{dM}(t)dt} \in (0{,}95;1{,}95), \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} R(U(t), U_{\dot{I}}(t)) \geq 0{,}95; \\ \dfrac{\int_{t_1}^{t_2} U(t)dt}{\int_{t_1}^{t_2} U_M(t)dt} \in (0{,}95;1{,}95), \end{cases} \quad (2)$$

где $I_d(t)$, $U(t)$ – экспериментальные графики изменения тока и напряжения ТП секции ЭП ОР; $I_{dM}(t)$, $U_M(t)$ –графики изменения тока и напряжения ТП секции ЭП ОР, построенные на модели; t_1, t_2 – произвольные моменты времени; $R(I_d(t), I_{dM}(t))$, $R(U(t), U_M(t))$, – нормированные взаимокорреляционные функции для интервалов времени $(t_1;t_2)$.

На основании экспериментальных исследований, проведённых в условиях стана 2000 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», и анализа литературных источников определены возможные диапазоны изменения параметров разработанной математической модели [1–7, 12].

В результате моделирования распределения тока секции ЭП ОР по электродвигателям роликов при граничных значениях параметров разработанной модели определены доверительные интервалы наблюдения токов нагрузки электродвигателей роликов рольганга. Установлено, что диапазон распределения экспериментальных значений токов нагрузки электродвигателей соответствует диапазону, полученному на модели. Таким образом, разработанная модель является адекватной и позволяет делать обоснованные выводы о прогнозируемом поведении всей совокупности роликов электропривода ОР.

Заключение

Разработана математическая модель электропривода роликов отводящего рольганга стана горячей прокатки. Разработанная математическая модель является адекватной и позволяет достоверно прогнозировать поведение всей совокупности роликов ОР.

Данная модель может быть использована при определении целесообразного способа управления скоростными режимами отводящего рольганга с позиции снижения рассогласования скорости полосы и линейных

скоростей образующих бочек роликов и, как следствие, снижения износа бочек роликов.

Список литературы

1. Машины и агрегаты металлургических заводов: учебник для вузов: в 3 т. / А.И. Целиков [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – Т. 3.– 679 с.

2. Королёв А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов: учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1987. – 480 с.

3. Королёв А.А. Конструкция и расчёт машин и механизмов прокатных станов: учеб. пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с.

4. Опыт повышения эффективности работы отводящего рольганга НШС / Б.А. Поляков [и др.] // Сталь. – 1987.– №9. – С. 64 – 67.

5. Тянущая способность отводящего рольганга широкополосного стана / Поляков Б.А., Зубков Ю.С., Варшавский Е.А., Володин В.В // Изв. вуз. Черная металлургия. – 1986.– № 10. – С. 64 – 67.

6. Лукьянов С.И., Пишнограев Р.С., Суспицын Е.С. Диагностирование электропривода отводящего рольганга широкополосного стана горячей прокатки: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2008. – 102 с.

7. Исследование режимов работы электропривода отводящего рольганга стана 2000 горячей прокатки / И.А. Селиванов, С.И. Лукьянов, Д.В. Швидченко и др. // Труды IV Междунар. (XV Всерос.) конференции по автоматизированному электроприводу «Автоматизированный электропривод в XXI веке: пути развития» (АЭП-2004, Магнитогорск, 14-17 сентября 2004 г.). Ч. 2. – Магнитогорск, 2004. – С. 121-123.

8. Жиркин Ю.В. Надёжность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: учебник. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 330 с.

9. Крагельский И. В., Виноградова И. Э. Коэффициенты трения: справ. пособие. – М.: Машгиз, 1962. – 220 с.

10. Лукьянов С.И., Панов А.Н. Обработка экспериментальных данных: учеб. пособие. – 2 изд. – Магнитогорск: МГМА, 1997. – 75 с.

11. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с., ил.

12. Пишнограев Р.С. Исследование токов холостого хода электродвигателей роликов отводящего рольганга стана 2000 горячей прокатки ОАО «ММК» // Электротехнические комплексы и системы: межвуз. сб. науч. тр. – Магнитогорск: МГТУ, 2005 – Вып. 10. – С. 167-172.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 15.04.2011.

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОММУНИКАЦИОННОГО ЦЕНТРА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

С.Н. Мельков, Т.Р. Назаров

ГОУ ВПО «Оренбургский государственный педагогический университет»,
Россия, 460844, Оренбургская обл., г. Оренбург, ул. Советская, д. 19

БПЛА применяются всё шире в настоящее время. Для разработки и применения подобных аппаратов необходимы программные комплексы, позволяющие следить за их состоянием в реальном времени.

DESIGN OF A UNIVERSAL COMMUNICATIONAL CENTER FOR AUTOMATED UAV CONTROL

S. N. Mel'kov, T. R. Nazarov

The use of UAVs becomes wider nowadays. Software systems of real-time monitoring are needed for the development and utilization of such aircrafts.

Введение

В настоящее время автономные летательные аппараты начинают применяться для решения широкого спектра задач, как военных, так и гражданских. Небольшие летающие роботы идеально подходят для воздушной разведки местности, аэрофотосъемки в режиме реального времени.

В Оренбургском государственном педагогическом университете мы разрабатываем многофункциональный летательный аппарат типа «квадрокоптер» [1].

Квадрокоптер представляет собой вертолёт, приводимый в движение четырьмя винтами, находящимися на противоположенных сторонах платформы. В отличие от традиционной вертолётной схемы, он не имеет автомата перекоса — шаг лопастей всех винтов фиксированный. Крутящие моменты винтов в большей или меньшей степени компенсируют друг друга. Таким образом, управляя оборотами каждого конкретного двигателя, можно изменять общий вектор тяги и положение платформы в пространстве**.**

Отсутствие автомата перекоса [2] и хвостового пропеллера значительно упрощает конструкцию аппарата, позволяя получить оптимальное соотношение тяги и затраченной энергии.

При разработке таких аппаратов встаёт проблема выбора оптимальной конструкции, настройки автоматики и подбора датчиков, необходимых для надёжного ориентирования на местности.

Эксперименты с опытными образцами в такой ситуации были бы неоправданно дорогостоящими. Поэтому в основе разработки лежит про-

граммное приложение — симулятор полёта квадрокоптера. Проектируемая платформа должна иметь возможность управляться как системой пилотирования, основанной на искусственном интеллекте, так и вручную.

В связи с этим возникает необходимость создания единого коммуникационного центра, который бы предоставлял универсальный интерфейс для передачи данных между системами управления и платформой (или её программной моделью).

В статье освещается процесс построения подобной системы, а также проводится обзор современных технологий, позволяющих упростить эту задачу.

Разработка архитектуры программного комплекса

Проектируемая программная система должна обладать следующими компонентами:

- удобным пользовательским интерфейсом для мониторинга и управления [3];
- автоматическим стабилизатором летательного аппарата;
- физическим симулятором полёта квадрокоптера;
- интеллектуальной системой управления летательным аппаратом.

Оказалось удобным реализовать эти функции системы в виде отдельных приложений, что обеспечивает простоту модификации системы, а также делает возможным использование различных технологий для реализации каждого из приложений.

Полученная в результате архитектура программного комплекса показана на рис. 1. Программные части — в прямоугольниках со скруглёнными углами.

Симулятор полёта моделирует физическое окружение робота и применяется для подборки параметров и отлаживания работы остальных частей программного комплекса.

Система управления летательным аппаратом отвечает за снятие данных с датчиков, расшифровку и выполнение управляющих команд. Она работает непосредственно на управляющем микроконтроллере квадрокоптера и соединяется с коммуникационным центром через канал радиосвязи. Аналогичная система управления находится и в симуляторе полёта.

Система искусственного интеллекта должна самостоятельно принимать решения о выборе маршрута движения на основе поставленной задачи и взаимодействия с окружающей средой. Именно создание такой системы и является конечной целью проекта.

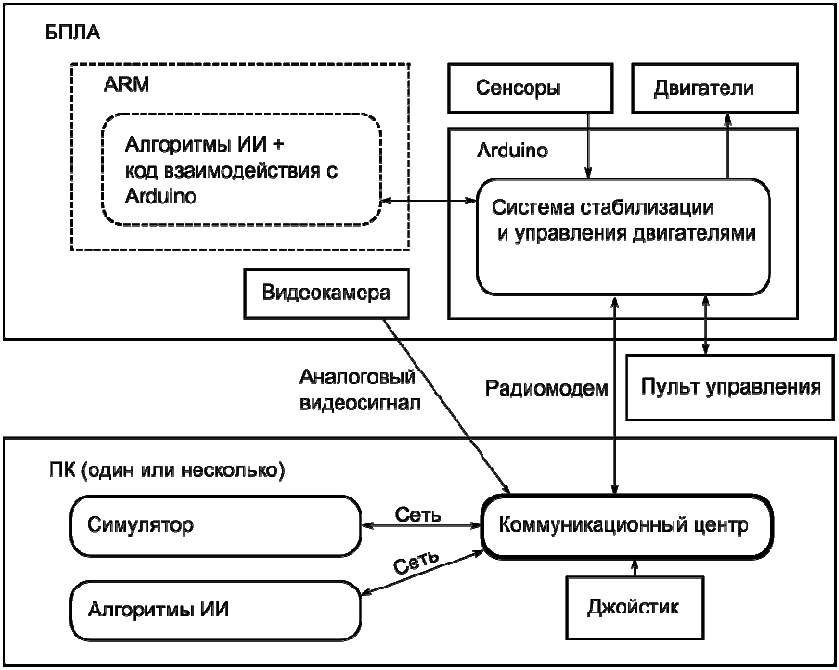


Рис. 1. Архитектура программного комплекса

Коммуникационный центр выполняет связующую роль между блоками программного комплекса. Он принимает показания сенсоров от управляющей системы платформы или её программной модели, отсылает их системе искусственного интеллекта и передаёт полученные управляющие сигналы обратно управляющей системе. Также он выводит на экран компьютера телеметрию и позволяет пользователю осуществлять пилотирование аппарата вручную посредством клавиатуры или джойстика.

Выбор средств разработки

Для реализации перечисленных приложений предпочтительны разные технологии и языки программирования.

Так, например, система стабилизации аппарата должна работать на борту самого аппарата, а следовательно, должна быть написана на C-подобном языке контроллеров Arduino [4].

Для реализации физической модели необходимо средство, позволяющее выводить на экран трёхмерную графику. В качестве этого средства был выбран Microsoft XNA Framework (и язык C#) из-за его простоты и удобства использования [5].

С интеллектуальными алгоритмами управления ситуация ещё сложнее: они изначально должны выполняться на обычном ПК (возможно на

одном ПК с коммуникационным центром), но может потребоваться их перенос на аппаратную платформу, находящуюся на самом летательном аппарате для достижения автономности БПЛА. Кроме того, от интеллектуальных алгоритмов требуется как можно более высокое быстродействие, что объясняет выбор для этой части программного комплекса языка C++.

Для координации работы приложений комплекса нужно центральное приложение — коммуникационный центр. Он должен обладать удобным пользовательским интерфейсом, позволяющим наблюдать за работой всех частей комплекса. Также желательно, чтобы он был кроссплатформенным, поэтому для его разработки был выбран язык программирования и среда разработки Processing [6].

Processing — открытый язык программирования, частично основанный на графических возможностях Java. Он использует упрощённый синтаксис, что позволяет быстро создавать интерактивные программы отображения изображений и анимации.

Являясь расширением языка Java, Processing полностью поддерживает соотвествующие библиотеки и программный код. Кроме того, для него создано множество библиотек, позволяющих, например, обмениваться данными с внешними устройствами, такими как джойстики, видеокамеры, контроллеры Arduino и т.п.

Запуск проекта на виртуальной машине Java обеспечивает необходимую кроссплатформенность.

Разработка пользовательского интерфейса коммуникационного центра

Окно коммуникационного центра (рис. 2) содержит несколько числовых полей для вывода данных сенсоров, полученных с микроконтроллера, и одну большую текстовую область для отображения общих сообщений, таких как установление связи, калибровка, переключение режима полёта. Сигнал с установленной на платформе камеры передаётся в центральную область окна.

Наиболее важные параметры, такие как крен, тангаж, курс, скорость, высота, отображаются поверх видеоизображения в максимально удобном виде: аналогично отображению этих параметров в кабине современного истребителя.

Кроме того, для упрощения мониторинга отображаются и обороты каждого двигателя.

Приложение также захватывает управляющие сигналы с клавиатуры или джойстика и передает их программе микроконтроллера в режиме ручного полёта.

Рис. 2. Графический интерфейс

Реализация взаимодействия между приложениями комплекса

Приложения программного комплекса написаны на разных языках и могут быть установлены на разных устройствах. Поэтому их взаимодействие осуществляется при помощи сетевого сокета.

Так, например, для взаимодействия с симулятором при запуске коммуникационного центра автоматически создаётся серверная часть и запускаются два потока (Thread) — для передачи и приёма данных. Первый поток с задержкой в тридцать миллисекунд пытается передать пакет управляющих сигналов. Второй поток ждёт, пока на вход не будут поданы данные сенсоров, и записывает их в соответствующие глобальные переменные. Клиентская часть, организуемая симулятором, выполняет схожие действия.

Передача данных между коммуникационным центром и квадрокоптером осуществляется посредством радиомодема, который, фактически, является беспроводным удлинителем COM-порта. Таким образом, на уровне программного кода взаимодействие будет осуществляться через COM-порт.

Результаты

В настоящее время разработана архитектура программного комплекса, которая предполагает разработку минимум четырёх отдельных взаимодействующих между собой приложений на четырёх различных языках программирования.

Для разработки коммуникационного центра был выбран язык Processing, идеально подходящий для реализации сложного пользовательского интерфейса.

Был создан пользовательский интерфейс, отображающий все необходимые данные о работе программного комплекса в удобном для восприятия виде.

Было реализовано сетевое взаимодействие между коммуникационным центром и симулятором, а также предусмотрено взаимодействие между другими частями комплекса.

Список литературы

1. Quadrocopter [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. [2011]. URL: http://en.wikipedia.org/ wiki/Quadrocopter (дата обращения: 05.04.2011).

2. Загордан А. М. Элементарная теория вертолета. М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1955.

3. Авиагоризонт [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. [2011]. URL: http://ru.wikipedia.org/ wiki/Авиагоризонт (дата обращения: 05.04.2011).

4. Arduino [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. [2011]. URL: http://ru.wikipedia.org/ wiki/Arduino (дата обращения: 05.04.2011).

5. Microsoft XNA [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия: [сайт]. [2011]. URL: http://ru.wikipedia.org/ wiki/Microsoft_XNA (дата обращения: 05.04.2011).

6. Processing. Tutorials. [Электронный ресурс] // Processing Open Source Community. URL: http://processing.org/learning (дата обращения: 05.04.2011).

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ НА ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧАХ

А.А. Веселовский, И.М. Ячиков

ГОУ ВПО МИСиС, филиал.
***Россия**, г. Новотроицк, ул. Ваулина, д. 2*
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38,*
a_a_ves@mail.ru

Современное развитие техники требует комплексного подхода к вопросам надежности и работоспособности триботехнических покрытий. Ре-

шение современных триботехнических задач требует не только технологий, основанных и оптимизированных посредством проведенных экспериментов, но и создания различного рода моделей, способных прогнозировать работоспособность покрытий на зубчатых и червячных передачах. Использование таких моделей позволит правильно подобрать вид покрытия и особенности его нанесения.

ALGORITHM FOREVALUATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF COATING ON GEARS AND WORM GEARS

A.A. Veselovsky, I.M. Yachikov

The modern development of technology reguires an integrated app roach to reliability and performance of tribological coating. Decision date tribological problems requires not only technology– based and optimized by conducting experiments, but also the creation of various models that can predict the performance of coating on gears and worm gears. The use of such models will help to choose the right type of coverage and features of its application.

Основные проблемы

При комплексном рассмотрении вопросов обеспечения работоспособности и долговечности деталей редукторов и коробок передач следует принимать во внимание целый спектр технологических, эксплуатационных, экономических, металловедческих и других задач. Всесторонний функциональный анализ работ, связанных с триботехнической работоспособностью, позволяет предложить некоторую функциональную схему взаимообусловленности категорий работоспособности, долговечности и характеристик поверхностного слоя материалов (рис. 1). Активное направление в регулировании работоспособности (см. рис. 1, линия 1) имеет очень важное значение в проблеме эксплуатационного технологического повышения долговечности зубчатых колес и червяков и в управлении процессами изнашивания

В решении проблемы надежности существует обратная связь между работоспособностью, типом покрытия и его характеристиками (см. рис. 1, линия 2). Она отражает возможности оптимизации структуры и свойств поверхностных слоев и формулирования требований к технологиям упрочнения.

Современные триботехнические задачи требуют развития не только традиционных подходов по оптимизации технологий через эксперимент, но также физических и математических прогнозирующих моделей. Прогнозирование с использованием кинетических моделей при оценке работоспособности и свойств покрытий дает возможность количественного учета влияния технологического и эксплуатационного воздействия на работоспособность. Предположить срок эксплуатации возможно не сколькими способами.

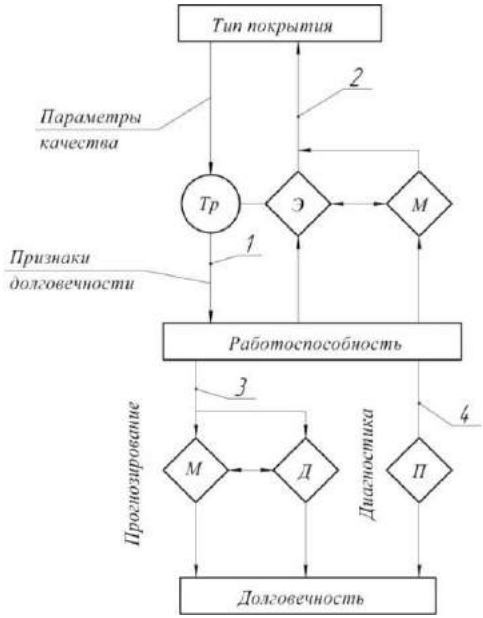


Рис. 1. Функциональная схема для категорий работоспособности и долговечности триботехнических покрытий: T_p – трение и изнашивание; Э – оптимизирующий эксперимент; М – физические модели оптимизации и прогнозирования; Д – диагностика; П – профилактика

Наиболее прогрессивными являются способы, построенные на физических моделях или на количественных методах диагностики (см. рис. 1, линия 3). Такой переход возможен только на базе объективных физических закономерностей, описывающих процессы повреждаемости зубчатых колес и червяков. Создание моделей поверхностного разрушения, введение в качестве триботехнической оценки долговечности материала некоторой универсальной константы, учитывающей физико-механический комплекс свойств материала и конкретные условия эксплуатации, дало бы возможность осуществлять управление работоспособностью и прогнозирование долговечности трущихся поверхностей зубьев с использованием специальных компьютерных программ.

Возможно установление не только пассивной связи между работоспособностью и долговечностью, но и активное влияние на работоспособность посредством регламентированной организации профилактического обслуживания. При этом возможна дополнительная экономическая оценка взаимообусловленности этих категорий (см. рис. 1, линия 4).

Работоспособность триботехнической системы «покрытие-подслой» предопределяется как скоростью изнашивания покрытия при нормированной его толщине, так и повреждаемостью нижележащих диффузионных зон (рис. 2). По этой причине при анализе работоспособности таких систем необходимо принимать во внимание физические, структурные и другие характеристики материалов как самого покрытия, так и подслоя.

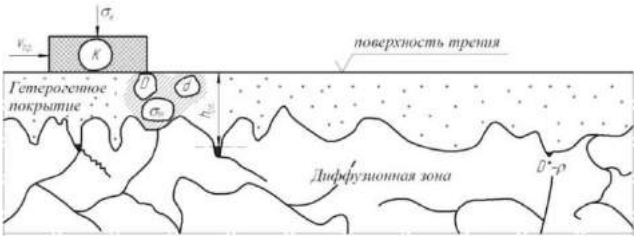


Рис. 2. Модель поверхностного слоя термодиффузионно упрочненных деталей: D – размер структурного макродефекта; d – расстояние между макродефектами;

$\sigma_к$ *– технологические напряжения упрочненного слоя;*

ρ *– плотность дислокаций;* D^* *– размер блоков*

Термодиффузионные технологии поверхностного упрочнения предопределяют формирование некоторого комплекса свойств в покрытии, наследственно влияющих на работоспособность. Принимая во внимание существующие подходы с использованием так называемых параметров качества поверхностного слоя, для оценки рельефа поверхности, структуры, фазового и химического состава после различных методов поверхностной обработки рекомендуется классификация параметров поверхностного слоя. Она учитывает геометрические характеристики (шероховатость и волнистость) и физико-химическое состояние (структура, фазовый состав, химический состав, наклеп, остаточные напряжения).

Такая классификация наиболее полно отражает физико-химическое состояние поверхностного слоя и может служить основой при разработке рекомендаций, отраслевых стандартов для нормирования параметров покрытий с учетом заданных условий эксплуатации и технологического обеспечения. Однако подобный набор свойств затрудняет триботехническую оценку технологических методов обработки.

В связи с этим на основе анализа результатов исследований эксплуатационных свойств покрытий для решения задач по триботехнической работоспособности рекомендован следующий минимальный комплекс параметров качества отражающих свойства покрытия и подслоя (см. таблицу).

Приведенные характеристики предопределяются типом и параметрами конечного технологического процесса нанесения покрытий, причем каждому финишному методу обработки соответствует определенный диапазон изменения структурно-физических параметров качества поверхностного слоя (СФК). Физико-механическое состояние поверхностного слоя и его структура являются решающими в определении работоспособности. Использование этих параметров качества для оптимизирующей классификации технологических методов поверхностной обработки по степени их влияния на износостойкие свойства является перспективным.

Основные характеристики качества материала с триботехническим покрытием [1]

Тип характеристик	*Параметры характеристик*	*Универсальность характеристик по критерию работоспособности*
Геометрические (для покрытия)	Волнистость Шероховатость	Ограничены в качестве критериальных
Механические (для покрытия и подслоя)	Твердость, пределы: текучести, прочности, упругости	Неуниверсальны по прогнозированию и нечувствительны по природе
Структурно-физические (для подслоя и покрытия)	На макроуровне На микроуровне	Универсальны в качестве критерия Прецизионны

Геометрические характеристики качества нашли применение в различных моделях, описывающих шероховатость поверхности, а также для расчета фактической площади контакта. Принимаемое при этом допущение о возможности описания многих эксплуатационных свойств покрытий является весьма смелым, так как известно, что при трении формируется слой, отличный от исходного. К тому же статическая природа используемых механических характеристик также ограничивает их применимость в форме критериев работоспособности. Структура и некоторые физические константы являются весьма чувствительными к процессам повреждаемости и поэтому на их основе возможно создание моделей изнашивания прочных материалов, а значит практическое решение вопросов оптимизации технологий упрочнения, прогнозирования и диагностики изнашивающихся узлов редукторов и коробок передач. Исследования, связанные с оценкой работоспособности узлов трения, показали, что основополагающими для СФК следует считать остаточные макро– и микронапряжения, макроструктуру с ее элементами макрогетерогенности и микропористости, субструктуру с характерным блочным и дислокационным строением.

Работоспособность в общем случае неоднозначно связана с основными параметрами качества. При изменении механизмов изнашивания один и тот же комплекс параметров может обусловливать различные уровни работоспособности. По этой причине были введены так называемые признаки долговечности, представляющие собой качественные критерии, учитывающие помимо СФК дополнительные свойства среды и являющиеся более общей трибологической категорией. Признак долговечности является внутренней характеристикой любой триботехнической системы и изменяется сообразно ее структуре. Признак долговечности может варьироваться, если изменяется вид технологического процесса получения покрытий.

Используются также некоторые косвенные нематериальные критерии работоспособности: допустимые значения комплекса «давление-скорость скольжения» – фактора, нормирующего работоспособность через температуру в зоне трения; предельные значения давления, назначаемого из соображений прочности и деформируемости материала. Однако различие требований к узлам трения, разнообразие методов исследований и экспериментального оборудования, субъективность в оценке полученных результатов приводят к тому, что даже одному и тому же материалу соответствуют неодинаковые значения подобных параметров. Кроме того, используемые для их аппроксимации полуэмпирические зависимости не могут быть непосредственно применимы для оценки работоспособности, так как требуют дополнительного экспериментального определения некоторых переходных коэффициентов.

Получение качественных выражений, нормирующих поверхностную повреждаемость и определяющих связь СФК и категорию работоспособности, представляется в исследуемой проблеме весьма важным. Анализ существующих гипотез трения: механических, молекулярных и молекулярно-механических позволяет сделать заключение об их достаточно грубых приближениях к реальным процессам изнашивания. С другой стороны, модели процессов трения с одновременным учетом изнашивания могут быть корректно построены на энергетических концепциях. Ведущая роль механизмов изнашивания при оценке уровня работоспособности подчеркивается во многих исследовательских работах [2-6]. Так в работе [6] предлагается аттестовывать износостойкие материалы по интенсивности изнашивания введением 10 классов износостойкости. Причем первые три класса интенсивности характеризуют изнашивание в условиях преимущественно упругого деформирования зон фактического контакта, в то время как девятый и десятый классы – в условиях микрорезания. На настоящий момент сформулированы основные требования к свойствам поверхностных слоев износостойких материалов, накоплен определенный банк данных по особенностям пластической деформации и диффузионным процессам в зоне контактного взаимодействия при трении скольжения. Однако систематические данные о взаимообусловленности механизмов и кинетики структурных превращений в поверхностных слоях прочных материалов с характеристиками работоспособности прочных гетерогенных структур практически отсутствуют.

Заключение

Создание компьютерных программ и моделей, позволяющих оценивать работоспособность диффузионных покрытий в зубчатых и червячных передачах по заданным техническим характеристикам эксплуатации редукторов и коробок передач, представляется актуальным на сегодняшний день.

Список литературы

1. Власов В.М., Нечаев Л.М. Работоспособность высокопрочных термодиффузионных покрытий в узлах трения: монография. – Тула, 1994. – 228 с.

2. Симкин А.В. Повышение износостойкости деталей, изготовляемых из высокопрочного чугуна технологическими методами: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.02.08. Брянск, 1997. – 16 с.

3. Курбатов А.Н., Бестужев М.И. Зубчатые колеса из бейнитного высокопрочного чугуна // Литейное производство. – 2009. – № 5. – С. 2 – 7.

4. Крагельский И.В. Влияние размера поверхности касания на трение и износ // Механика и физика контактного воздействия – Калинин: КПИ, 1975. – Вып. 1. – С. 4 – 14.

5. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. – М.: Машиностроение, 1978. – 395 с.

6. Тихомиров В.П., Горленко О.А., Тихомиров П.В. Прогнозирование ресурса зубчатых передач: монография. – М.: Машиностроение, 2007. – 148 с.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 02.02.2011.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В.П. Обломец[1], Е.Г. Филиппов[2], О.С. Логунова[2]

[1]ОАО «ММК-МЕТИЗ»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск*

[2]ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*

logunova66@mail.ru

В работе приведены результаты исследования управления производством продукции в подразделениях крупного металлургического предприятия ОАО «ММК-МЕТИЗ». Предлагается в системе управления использовать современный подход, опирающийся на систему ключевых показателей эффективности, и развитую корпоративную информационную систему, построенную на основе модульного принципа.

MODEL OF PRODUCTION MANAGEMENT ON THE BASIS OF KEY INDICATORS

V.P.Oblomets, E.G.Filippov, O.S.Logunova

In work results of research of production management of production in divisions of the large metallurgical enterprise of Open Society "MMK-HARDWARE" are resulted. It is offered to use the modern approach leaning against system of key indicators of efficiency, and the developed corporate information system constructed on the basis of a modular principle in a control system.

Актуальность работы

Все существующие металлургические предприятия имеют сложную структуру, эффективность работы которой в первую очередь определяется способом построения, функциональностью и оперативностью управления. Наиболее перспективными в современном мире являются две тенденции, определяющие концепции управления: во-первых, использование системы ключевых показателей эффективности; во-вторых, применение модульных корпоративных информационных интегрированных систем. Период перехода на новые принципы управления для любого предприятия является высокозатратным, и поэтому принимаемые решения нуждаются в полном научном обосновании.

Стратегические цели управления предприятием на основе интегрированных ключевых показателей

В настоящее время во всех странах производственно-коммерческие предприятия и организации, анализируя итоги завершающегося экономического кризиса, находятся в поиске путей дальнейшего развития своего бизнеса, среди которых избавление от непрофильных активов, диверсификация производства, обновление оборудования, структурные преобразования и совершенствование системы управления. Экономический кризис затронул все промышленные сферы России, не исключая и метизное производство. Динамика производства метизов приведена на рис. 1, демонстрирующая резкое его падение за последние четыре года.

В метизном производстве сложилась сложная ситуация из-за активного проникновения на рынок метизной продукции из Китая, Тайваня, Украины. Принятые в феврале 2011г. правительством меры по защите рынка позволяют стабилизировать ситуацию на рынке метизов в течение трех лет. За этот короткий период предприятию необходимо максимально нарастить свои конкурентные преимущества. Одним из перспективных и одновременно относительно малозатратным вариантом, полностью соответствующим поставленной задаче, является переход на новую, более высокую ступень управления. Речь идет о признании насущной необ-

ходимости отказа от действующей на всех основных метизных предприятиях административно-функциональной системы управления. На всех предприятиях метизной промышленности она функционирует с применением внешне эффектных, но малоэффективных систем типа систем менеджмента качества (СМК), систем экологического менеджмента (СЭМ), систем управления предприятием (ERP), систем внешнего контроля и финансовой отчетности (СВКФО), систем управления рисками и т.д. Эти по своей сути подсистемы имеют право на существование только при наличии эффективной базовой (центральной) системы управления при условии их интеграции с ней. В качестве базовой может быть позиционирована система управления, нацеленная на достижение главного результата для рыночной экономики. Этим результатом является получаемая прибыль от данного бизнеса: сегодня, завтра, в ближней и отдаленной перспективе. Главное условие ее достижения – обеспечение своей текущей и перспективной конкурентоспособности.

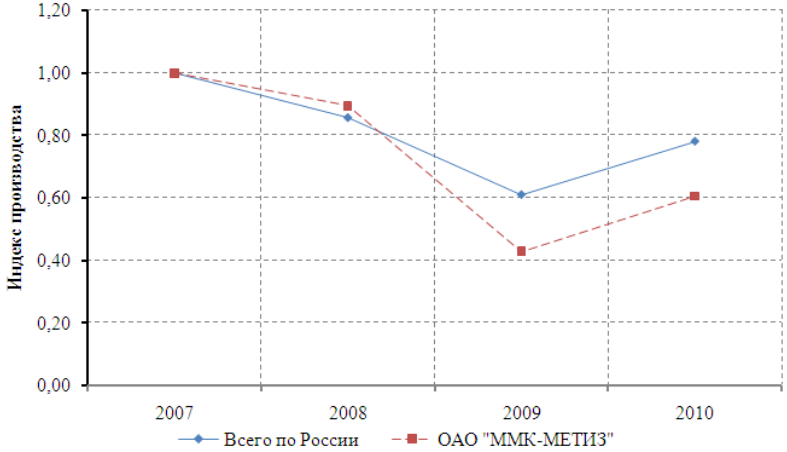


Рис. 1. Динамика индекса производства метизов

Конкурентоспособность как комплексное экономическое понятие реализуется поддержанием в динамически сбалансированном состоянии системы технических, производственных и финансово-экономических параметров системы. Наиболее объективную картину по всем внешним и внутренним параметрам системы (факторам производства) дает применение в управлении сбалансированной системы показателей. Каскадирование группы основных показателей (ключевых показателей эффективности) по центрам финансовой ответственности (ЦФО) и местам возникновения затрат (МВЗ) позволяет сформировать методическую базу для объективной оценки вклада каждого подразделения в достижение конечных показателей работы общества (предприятия).

К числу основных стратегических целей и соответствующих им ключевым показателям эффективности по четырем основным перспективам (проекциям) относятся:

– по финансам – рост валовой прибыли (величина прибыли), рост продаж (объем реализации), снижение издержек (экономия от снижения себестоимости);

– по клиентам – увеличение объема продаж (отгрузка в натуральных единицах), доля в объеме рынка метизов (доля общества в общем объеме производимых в стране метизов), удовлетворенность клиентов (качество, цена, сроки);

– по процессам – оптимальное обеспечение металлом, материалами, энергоресурсами (качество, цена, сроки), повышение качества продукции (количество брака), совершенствование оборудования (количество единиц установленного нового оборудования), совершенствование технологии (количество новых внедренных технологий), поддержание технологических процессов в работоспособном состоянии (отсутствие аварийных остановок производства), снижение уровня загрязнения окружающей среды (лимиты выбросов в воздушный и водный бассейны);

– по персоналу и обучению – формирование команды, способной реализовать стратегию развития общества (выполнение комплексной программы по подготовке кадров), повышение степени удовлетворенности работой в обществе (комплекс показателей, в т.ч. заработная плата, безопасные условия труда, возможности профессионального роста), формирование эффективной системы управления (степень внедрения интегрированной системы управления обществом).

Модель интегрированной системы управления на предприятии металлургической промышленности

Поскольку система требует достаточно больших объемов информации, ее практическая реализация в полном объеме, а значит, реализация всех заложенных в нее возможностей, возможна только с использованием полномасштабной корпоративной системы (КИС). Таких систем в настоящее время в России нет, но их следует активно разрабатывать и внедрять в различных отраслях промышленности. По своей сути при возможных различиях в конфигурации это интегрированные системы управления предприятием в целом, органично включающие в себя подсистемы: СМК, СЭМ, ERP, СВКФО, системы управления рисками и т.д. При этом разрабатываемая новая система управления не адаптируется к существующей в обществе организационной структуре, а наоборот, структурно корректируется в соответствии со стратегической картой общества.

Схема взаимосвязей подразделений предприятия (общества) при работе предлагаемой системы в виде выполняемых функций и документооборота приведена на рис. 2 и 3.

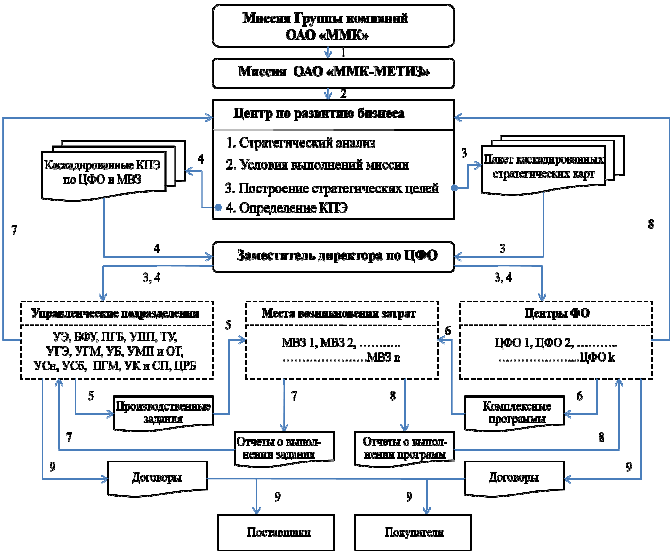


Рис. 2. Схема взаимосвязей подразделений ОАО «ММК-МЕТИЗ» при работе с интегрированной системой управления

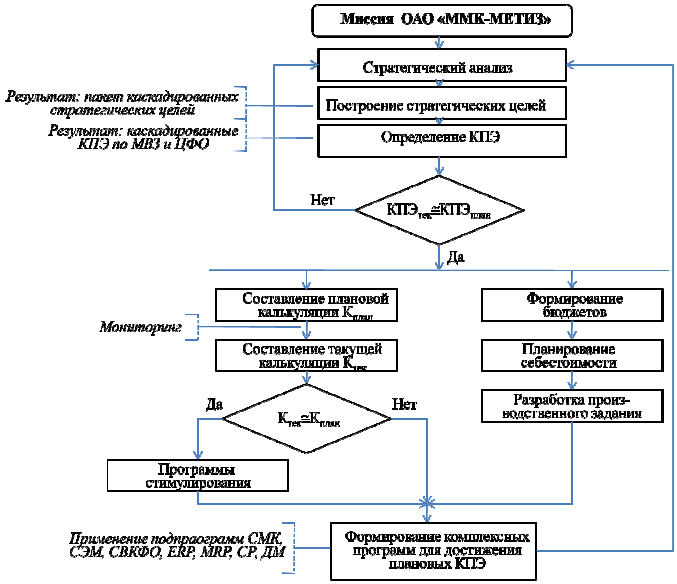


Рис. 3. Схема формирования информации в интегрированной системе управления

Рассмотрим подробнее, как функционируют основные блоки системы. Начальной точкой каждого цикла работ является стратегический анализ, который проводится специализированным подразделением (центр по развитию бизнеса) непрерывно с выдачей прогнозных данных в марте (базовый вариант) и сентябре (скорректированный вариант) с использованием данных по 2–3 наиболее сильным конкурентам. Это позволяет сформулировать, а в дальнейшем поддерживать в актуальном виде Миссию организации, стратегические цели и ключевые показатели эффективности на требуемом уровне, постоянно сверяя возможности реализации стратегии с необходимостью достижения требуемого уровня текущей и прогнозируемой конкурентоспособности (1) и (2). После нескольких обоснований и корректировок формируется пакет стратегических целей. Основное достоинство системы в том, что этот пакет целей самодостаточен, он охватывает все сферы деятельности, дает объективную оценку и формулирует все главные цели, реализация которых позволит достигнуть требуемого уровня текущей и прогнозируемой конкурентоспособности общества.

Стратегические цели утверждаются в виде пакета стратегических карт (3) и соответствующих этим целям ключевых показателей эффективности (4). По каждой стратегической цели устанавливается несколько наиболее важных показателей, достижение которых означает, что данная цель в рассматриваемом периоде времени достигнута. Они называются ключевыми показателями эффективности (КПЭ). КПЭ также каскадируются по ЦФО и МВЗ. Современные требования к точности и прозрачности систем управления могут успешно реализовываться уже при трехуровневом каскадировании стратегических целей и использовании развитой КИС (организация в целом, цели по заместителям директоров, цели по управлениям, цехам) (3, 4).

Все подразделения общества рассматриваются в системе в качестве возможных центров финансовой ответственности и, одновременно, мест возникновения затрат. Подразделение может быть назначено ЦФО, если выполняет общеорганизационную функцию, имеет цели по степени ее реализации, может оперативно воздействовать на контролируемый процесс, получает финансирование, несет ответственность за достижение поставленных целей, выполнение бюджета и стимулируется при выполнении установленных ключевых показателей эффективности. ЦФО, при необходимости, по методу вложенных бюджетов могут подразделяться по уровням на ЦФО-1, ЦФО-2, ЦФО-3. Каждый ЦФО в системе имеет свой шифр.

Любое подразделение, по которому можно с достаточной точностью устанавливать производственные задания, контролировать ход их выполнения, вести всесторонний учет, подводить итоги работы, регуляр-

но планировать по нему затраты, собирать фактические затраты, анализировать их и стимулировать коллектив, может быть выделено и рассматриваться в интегрированной системе управления в качестве МВЗ. Согласно организационной структуре МВЗ также подразделяются по уровням на МВЗ-1 и МВЗ-2. Каждое МВЗ в системе имеет свой индивидуальный шифр. В соответствии с установленными по ЦФО и МВЗ заданиями по повышению эффективности производства в виде достижения требуемых значений КПЭ всеми подразделениями в рамках целевых программ разрабатываются и внедряются мероприятия (8). При этом основное количество этих мероприятий разрабатывается комплексными бригадами, состоящими из специалистов различных подразделений общества на основе оценки их долевого участия, так как задания получают все цеха и службы, но многие без посторонней помощи их выполнить не могут. Такая организация работы повышает ее эффективность за счет комплексного подхода к решению проблем на стыке ответственности подразделений и их более детальной проработки. В комплекс программ включаются и целевые программы по подсистемам: СМК, СЗМ,ERP, СВКФО, системам управления рисками и т.д.

Центр по развитию бизнеса (ЦРБ), Управление экономики (УЭ), Бюджетно-финансовое управление (БФУ) и Управление мотивации персонала и организации труда (УМПиОТ) по представленным в унифицированной форме данным проводят сравнение запланированных КПЭ с расчетными, которые могут быть достигнуты при внедрении всех запланированных мероприятий. Результаты докладываются и обсуждаются на Техническом совете общества. Если задание выполнимо, то соответствующие службы формируют бюджеты всех уровней и направляют в ЦФО и МВЗ, а если нет, и это будет ими обосновано, корректируются в сторону ослабления требований КПЭ. МВЗ и ЦФО для формирования годового и месячных бюджетов направляют свои заявки на товарно-материальные ценности (ТМЦ), услуги сторонних организаций, внутренние услуги. УЭ формирует плановые калькуляции.

Управление снабжения (УСн) заключает договоры на приобретение металла, материалов, химикатов, тары и т.д. Управление сбыта (УСб) заключает договоры на поставку метизов и оказание услуг. В соответствии со спецификациями к договорам Управление по производству (УПП) выдает производственные задания основным цехам. Управление главного механика и Управление главного энергетика выдают производственные задания вспомогательным цехам, а при выводе их на аутсорсинг являются службами-представителями заказчика.

В процессе оперативной ежемесячной работы цехов и служб осуществляются снабжение, производство и реализация продукции и услуг. Управления ведут мониторинг деятельности всех подразделений в соот-

ветствии со своими функциями. В соответствии с программами внедряются мероприятия, направленные на повышение эффективности производства. Особая роль в интегрированной системе управления отводится подразделениям главной бухгалтерии (ПГБ). В административно-функциональной системе управления ПГБ стояли в значительной мере в стороне от управленческого учета, часто противопоставляя его бухгалтерскому и налоговому учету. В интегрированной системе управления ПГБ ведут в модулях КИС все виды учета, учет фактического эффекта от внедряемых мероприятий, расчет фактической себестоимости, сами работники ПГБ непосредственно участвуют во внедрении мероприятий.

За счет установления правильной конечной цели для всех ЦФО и МВЗ – прибыли (сокращения затрат, сокращения сроков выполнения заказов, привлечения покупателей, улучшения качества и т.д.) в системе радикально в лучшую сторону меняется отношение персонала к средствам учета и контроля, оптимизационным производственным программам, творческому отношению к работе. Все это в значительной мере обеспечивается тем, что в системе управления во главу угла ставится здравый смысл, объективное планирование и учет, снимаются ненужные ограничения и запреты, обеспечивается реальная оплата по конечным результатам труда как коллективов подразделений, так и отдельных работников.

Заключение

В настоящее время формируется комплексная бригада для разработки и утверждения программы совершенствования системы управления в ОАО «ММК-МЕТИЗ» на период 2011 – 2015 годы, включающей в себя поэтапную разработку методологии, нормативных документов и регламентов работы подразделений в интегрированной системе управления и оперативной реализации их в КИС.

Интегрированная система управления обществом может быть внедрена только при реализации всех заложенных в нее решений в КИС. Сейчас КИС ОАО «ММК-МЕТИЗ» включает в себя 113 модулей (свыше 1000 отдельных прав доступа с индивидуальными идентификаторами), закрепленных за 22 основными владельцами информационных ресурсов. Техническая оснащенность системы управления, состав и структура выполняемых задач позволяют говорить о развитой стадии первого (информационного) уровня КИС.

В 2011 – 2013 гг. в задачи развития КИС должны входить: охват всех основных цехов системами учета движения материалов (металл, вспомогательные материалы, инструмент, энергоресурсы, РЭН), оптимизация запасов материалов и готовой продукции, оперативно-календарное планирование с элементами оптимизации, пакет модулей ССП, пакет модулей ЦФО, пакет модулей МВЗ. Затраты на развитие КИС ориентиро-

вочно составят 16 млн руб., а на обеспечение средствами учета – более 29 млн руб. при окупаемости затрат в срок менее двух лет.

В 2014 – 2015 гг. в задачи развития КИС должны входить: переход от информационного уровня всех модулей КИС к оптимизационным модулям и работе пакета модулей «ССП-ЦФО-МВЗ» в режиме реального времени. Затраты на развитие КИС в эти годы ориентировочно составят 18 млн руб., а на обеспечение средствами учета и контроля – более 25 млн руб. при окупаемости затрат за период менее одного года.

Таким образом, с 2016 года ОАО «ММК-МЕТИЗ» при правильной организации всего вышеперечисленного комплекса работ может реально и на длительный период времени получить серьезное конкурентное преимущество перед другими метизными предприятиями в части возможности оптимального использования всех имеющихся ресурсов общества за счет наличия современной эффективной системы управления.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 05.04.2011.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

Три вещи делают нацию великой и благоденствующей: плодоносная почва, деятельная промышленность и легкость передвижения людей и товаров.
Френсис Бэкон

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЛАЖНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

П.И. Каландаров, Г.И. Икрамов, А. Тургунбаев

ГИ «Узтяжнефтегазхимпроект»,
***Узбекистан**,100000, г. Ташкент, ул. Мустакиллик, д. 66,*
uz-ogir@cron.uz

Рассматриваемый метод имитации позволяет решать достаточно широкий круг задач, возникающих при проектировании АСУ и контроля физических величин, а также обеспечения метрологических характеристик измерительных устройств, дает возможность одновременного рассмотрения оценки нескольких альтернативных вариантов проектных решений при проектировании систем, что в целом повышает достоверность окончательно выбранной математической модели, которую можно заменить имитатором или имитационной моделью, так как имитационное моделирование – это частный случай математического моделирования.

IMITATING MODELLING AND METROLOGICAL MAINTENANCE OF THE CONTROL AND HUMIDITY REGULATION IN TECHNOLOGICAL PROCESSES

P.I. Kalandarov, G.I. Ikramov, A.Turgunbaev

The considered method of imitation allows to solve enough wide range of the problems arising at designing to the management information system and the control of physical sizes, and also maintenance of metrological characteristics of measuring devices, gives the chance simultaneous consideration of an estimation of several alternative variants of design decisions at designing of systems, that as a whole raises reliability of definitively chosen mathematical model with which it is possible to replace with the simulator or imitating model as imitating modelling is a special case of mathematical modelling

Введение

При контроле физических величин, когда в измерительной системе имеются причинные связи, временные характеристики, параметры, получаемые вследствие нелинейности воспроизведения исследуемого объекта, а также стохастические переменные при поведении системы во времени, применяют имитационное моделирование. Этот метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью с достаточной степенью точности, описывающей реальную систему, содержащую эксперименты с целью получения информации об объекте измерения.

С появлением персональных компьютеров созданы условия для практической реализации метода, например имитационные пакеты, использующие следующие типы моделей: модели технических средств, которые имитируют работу центральных и периферийных устройств вычислительной системы (например, функционирование центрального процессора, передачу данных по каналу связи в управляющий блок периферийного устройства, работу пакета дисков с фиксированной головкой).

В частности, разработана практическая экономико-математическая модель измерения электрических и других физических величин влажности твердых материалов, жидкостей и газов, которую можно использовать для конструирования датчиков и измерительных устройств влагомеров и гигрометров, а также при метрологическом обеспечении таких приборов.

Цель исследования

Упорядочить систему измерения влажности материалов и изделий в процессе производства с внедрением средств автоматизированного управления.

Проблематика работы

Методы измерения влажности твердых материалов, жидкостей и газов, основанные на преобразовании влажности в другую физическую величину с использованием современной измерительной техники, насчитывают всего несколько десятилетий; некоторые из них были разработаны в последние годы. Однако измерения влажности различных материалов во многих отраслях экономики страны и в целом ряде областей научных исследований заняли важное место в современной аналитической измерительной технике и автоматических информационно-измерительных системах.

К примеру, в сельском хозяйстве влажность почвы обусловливает целесообразность применения тех или иных агротехнических приемов. Полевые агрономические исследования пахотного слоя почв нужны для правильного определения сроков начала пахоты, внесения удобрений. Контроль влажности почв необходим для правильного ведения орошения земель — определения сроков и продолжительности поливов, управления автоматизированными оросительными системами. Влажность зерна, табачных листьев, хлопка и других сельскохозяйственных продуктов является одним из основных факторов, определяющих возможность длительного хранения без порчи и потерь этих материалов. Всхожесть семенных материалов в большой мере зависит от их влажности в процессе хранения. При переработке зерна от его влажности зависят сопротивление измельчению и, следовательно, удельный расход энергии и производительность мельничного оборудования. Величина влажности зерна и других

сельскохозяйственных продуктов учитывается при сдаче и приемке, так как от нее зависит их чистый вес, т. е. действительная стоимость.

В строительстве от влажности зависят основные свойства строительных материалов, теплофизические, теплозащитные и прочностные характеристики строительных сооружений, конструкций и ограждений и, следовательно, их долговечность, надежность и эксплуатационные качества.

Производственные испытания и эксплуатация имитаторов влажности и СВЧ влагомеров в течение ряда лет в хлопкоочистительном, маслоэкстракционном производствах показали возможность их использования для контроля влажности вышеуказанных материалов. Они обеспечивают необходимую точность измерений, надежны и просты в эксплуатации [1].

Сверхвысокочастотные методы, относящиеся к неразрушающим способам контроля, на базе которых создан ряд СВЧ влагомеров типа ЭАВ СВЧ, отвечающих требованиям промышленной автоматизации технологических процессов основаны на зависимости поглощения или отражения энергии СВЧ–излучения от концентрации воды в экстрагенте (рис. 1).

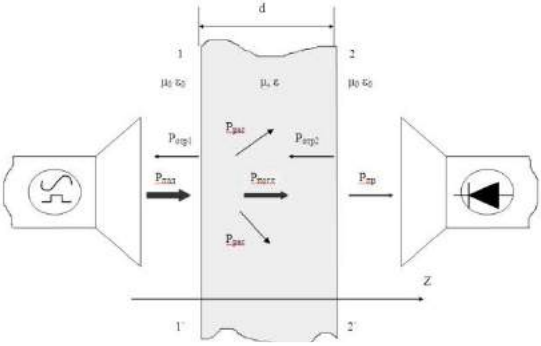


Рис.1. Схема действия СВЧ влагомера: $P_{пад}$ – мощность падающего излучения; $P_{погл}$ – мощность излучения, поглощенного материалом; $P_{пр}$ – мощность прошедшего излучения; $P_{отр1}$ – мощность, отраженная от границы раздела 1-1'; $P_{отр2}$ – мощность, отраженная от границы раздела 2-2'; ε – диэлектрическая проницаемость; μ – магнитная проницаемость

Важнейшим условием повышения качества продукции является получение достоверной измерительной информации о параметрах, характеристиках и свойствах готовой продукции, комплектующих изделий, технологических процессов, сырья и материалов. Гарантией достоверности измерительной информации служит обеспечение единства измерений. На его поддержание направлен комплекс мероприятий, получивший название метрологического обеспечения [2].

Под метрологическим обеспечением, которое базируется на научной, технической, организационной и правовой основах, понимают уста-

новление и применение технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

В частности, влагомер – прибор, предназначенный для измерения, контроля или регулирования влажности вещества, причем используемые СВЧ-методы основаны на зависимости поглощения или отражения энергии СВЧ-излучения от концентрации воды в экстрагенте [3].

Поверка влагомера метрологическим органом – определение его погрешности и установление пригодности к применению. При градуировке влагомеров устанавливают среднее значение параметра при заданной влажности вещества. В результате градуировки устанавливают усредненную номинальную градировочную характеристику влагомера, которая может не соответствовать ни одной из разновидностей веществ.

Под поверкой влагомеров подразумевают не определение метрологическим органом его погрешности, а превышает ли она нормированное значение в конкретных условиях его применения. Одна из основных особенностей влагомеров как объектов поверки состоит в том, что при их поверке необходимо проверить погрешность воспроизведения влагомером номинально градировочной характеристики и тем самым определить пригодность влагомера к применению по назначению. В случае, когда использованное при измерении влажности свойство вещества изменилось, необходимо провести переградуировку влагомера.

Влагомеры как объекты поверки отличаются тем, что их погрешность существенно зависит от значения измеряемой влажности. При увеличении влажности погрешность ее измерения, как правило, увеличивается. В связи с тем, что погрешность влагомера зависит от измеряемой влажности и вида продукта, их поверку необходимо проводить в нескольких сечениях шкалы, равномерно распределенных по всему диапазону измерения.

Результаты реализации решения задачи

В результате выполненных теоретических и экспериментальных работ создан универсальный микропроцессорный СВЧ влагомер повышенной чувствительности, структурная схема которого приведена на рис. 2. Влагомер построен по блочно-модульному принципу. Кювету (К) с образцом вращает вокруг вертикальной оси шаговый двигатель (Д), который управляется блоком управления (БУ). Сигналы с М1 и М2 (СВЧ модули) и датчиков температуры (ДТ) и давления (ДД) поступают на базовую измерительную схему (БИС), здесь сигналы ослабления, фазового сдвига СВЧ волны, температуры и давления образца формируются на стандартные сигналы для сопряжения с микроконтроллером (МК), с которого сигнал, соответствующий измеряемой величине, подается на аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

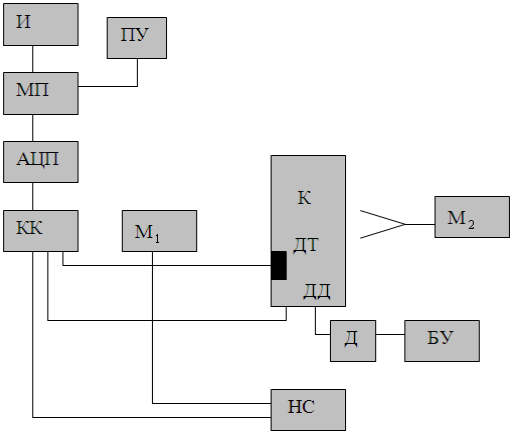


Рис.2. Структурная схема СВЧ влагомера

Микропроцессор (МП) выполняет все вычислительные операции. После вычисления полинома определяется влажность материала, в цифровом виде выводится на индикатор (И) и подается на регулирование объекта управления (ОУ).

Поверка СВЧ влагомеров является дорогостоящей и трудоемкой работой. На рис. 3 приведена предлагаемая поверочная схема для СВЧ влагомеров хлопка-сырца и хлопковых материалов [4]. Она содержит установку высшей точности, образцовые средства измерений 1-20, 2-20 и 4-20 разрядов, рабочие средства измерений и средства передачи единицы измерения от высших разрядов к низким.

Установка высшей точности предназначена для воспроизведения единицы влажности хлопковых материалов и передачи размера данной единицы при помощи образцовых средств измерений рабочим средством измерений, применяемым в народном хозяйстве для обеспечения единства измерений в стране.

В основу измерений влажности хлопковых материалов должна быть положена единица, воспроизводимая установкой высшей точности. Установка высшей точности состоит из группы воздушно-тепловых установок (Уз-8) [5]. Диапазон воспроизводимых значений влажности 5-30%. Среднеквадратическое отклонение воспроизведения единицы не более 0,02%. Передача размера единицы установки высшей точности образцовым средствам измерения I-го разряда производят непосредственным сличением.

В качестве образцовых средств измерения применяют воздушно-тепловые установки в диапазоне измерения 5-30%, пределы допускаемых абсолютных погрешностей которых при доверительной вероятности 0,95 составляют от 0,15 до 0,30%.

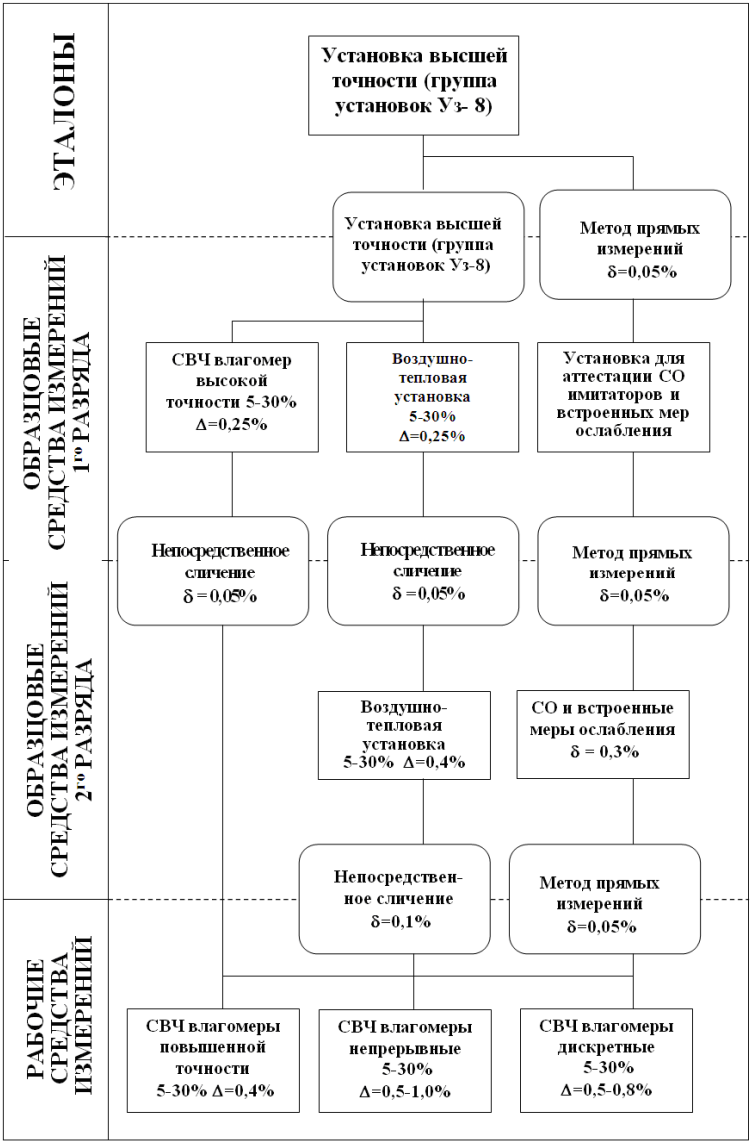


Рис. 3. Поверочная схема СВЧ влагомера

Образцовые средства измерений I-го разряда применяют для поверки образцовых средств измерений 2-го разряда и рабочих средств измерений повышенной точности непосредственным сличением и методом косвенных измерений.

В качестве образцовых средств измерений 2-го разряда применяют воздушно-тепловые установки (Δ0,95+0,35+0,90%) и установки для аттестации стандартных образцов – имитаторов влажности хлопковых материалов (Δ0,95+0,15+0,3%).

В качестве имитаторов влажности имитаторов могут быть использованы имитаторы влажности хлопка-сырца, разработанные в [6].

Образцовые средства измерений 3-го разряда применяют для поверки рабочих СВЧ влагомеров методом прямых измерений. В качестве рабочих средств измерений рекомендуется использование разработанного СВЧ влагомера повышенной точности.

В настоящее время некоторые элементы поверочной схемы, включая рабочие средства измерений, уже разработаны. Для обеспечения возможности внедрения влагомеров в промышленность предлагается использовать принцип проверки Номинальной Градуировочной Характеристики, которая заключается в следующем: в измерительный канал СВЧ тракта влагомера при отсутствии материала в первичном измерительном преобразователе поочередно вносится ослабление материала при его минимальной, максимальной и средней влажностях. В качестве образцовой меры могут быть использованы фиксированные аттенюаторы. В предлагаемом варианте в качестве образцовой меры используется p-i-n аттенюатор, встраиваемый в измерительный канал СВЧ влагомера. При этом значения ослаблений определяются величиной тока, подаваемого на управляющий вход аттенюатора.

Источник питания имеет три выхода с калиброванными значениями тока. При подаче этих токов на управляющий вход образцового аттенюатора они вносят в измерительный канал влагомера ослабления, соответствующие наперед заданным значениям минимальной, средней и максимальной влажности материала. Процесс поверки заключается в сравнении показаний влагомера с указанными в паспорте влагомера значениями влажности. При этом образцовый аттенюатор поверяется согласно поверочной схеме измерения соответствующего ослаблению СВЧ-сигнала, а источник питания – поверочной схеме измерения соответствующих токов.

В качестве основных источников экономии, обусловленной получением информации о влажности или усовершенствованием этой информации, могут рассматриваться:

а) устранение или сокращение непроизводительных материальных потерь, обусловленных отсутствием информации о влажности, ее неточностью или несвоевременным получением, сюда относятся потери от порчи зерна, хлопка и других сельскохозяйственных продуктов, а также материалов других видов (например, угля) в процессе их хранения и пе-

реработки, потери от коррозии металлов, от уменьшения теплотворной способности топлив (твердых, жидких и газообразных);

б) устранение транспортирования воды вместо сухого продукта, особенно при перевозке массовых грузов (зерно, уголь, руда, нефтепродукты, строительные материалы). Определенный эффект связан также с ликвидацией аварий и отказов оборудования при транспортировании газового топлива и использовании жидкого (авиационного) топлива.

Заключение

Создание и применение «инструментальных» методов оказали большое влияние на теоретические основы и технику измерений влажности. Эти измерения превратились в одну из областей современных измерений состава и свойств материала. Разработка и выпуск влагомеров и гигрометров представляет собой сейчас одну из отраслей аналитического приборостроения. Для нее характерны направления развития, общие для современного приборостроения: миниатюризация, типовое проектирование на блочно-модульной базе с применением интегральных цифровых и микромодульных аналоговых элементов и, главное, унификация и стандартизация средств измерения. Высшей формой унификации и стандартизации в приборостроении, основанной на системном подходе, является разработка агрегатных комплексов, в частности агрегатного комплекса средств аналитической техники (АСАТ), который охватывает и средства измерения влажности [7].

Итак, имитационные модели позволяют производить анализ стохастических материальных и информационных процессов, определяемых выходом из строя оборудования, инструмента, транспортных и других технических средств, включая в общем случае и средства АСУ.

Список литературы

1.Kalandarov P.I., Ismatullaev P.R., Usmanova H.A. The control of information transfer reliability in intellectual control system on the basis of statistical redundancy // Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation CIS-2010. – Tashkent, 2010. – P. 67-69.

2. Шикшин И.Ф. Прикладная метрология. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1990. – 117 с.

3. Бензарь В.К. Техника СВЧ-влагометрии. – Минск: Высш. шк., 1974.

4. Каландаров П.И. Поверочные схемы для СВЧ влагомеров – Деп. в ГФНТИ РУз. 1993, № 1876. – 4 с.

5. Архипов М.Ф., Устюгин В.Е. Образцовая измерительная установка для определения влажности хлопка-сырца и хлопковых продуктов – Уз-8 // Хлопковая промышленность. – 1978. – №5.

6. Исматуллаев П.Р., Тургунбаев А. Разработка калибровочного устройства для определения метрологических характеристик влагомера: Отчет по НИР / ТГТУ – № гос. рег. 01970006112. – Ташкент, 1999.

7. Берлинер М.А. Измерения влажности. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГАУССОВЫХ ФУНКЦИЙ

Н.К. Чьен, В.Н. Шелудько, А.С. Пекаровский, Е.В. Белградская

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

***Россия**, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5*

kiemchien0812@yahoo.com

Исследуется построение адаптивной системы с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и гауссовыми функциями для управления объектами первого, второго порядок. Оценивается работоспособность систем в условиях изменения параметров гауссовых функций.

DIRECT ADAPTIVE CONTROL SYSTEM USING GAUSSIAN FUNCTIONS FOR NONLINEAR ELECTROMECHANICAL OBJECTS

N. K. Chien, V. N. Seludko, A. C. Pekarovsky, E. V. Belgradskaya

This article studies the construction of direct adaptive control systems with the reference model, algorithm of parameter settings and Gaussian functions for nonlinear electromechanical objects. Algorithm of parameter settings with Gaussian functions is applied to simulation adaptive control systems for objects first, second order.

Адаптивная система с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и гауссовыми функциями для управления объектом первого порядка

Рассмотрим объект управления первого порядка, уравнение которого имеет вид

$$\dot{x} = a(x)\sin(x)x + bu_{\Sigma}; u_{\Sigma} = u_0 + u_a\,, \tag{1}$$

где $a(x)$ – функция, зависящая от переменной состояния объекта; b – произвольная постоянная; x – переменная состояния объекта.

Пусть желаемые показатели адаптивной системы характеризуются поведением эталонной модели (ЭМ) вида

$$\dot{x}_m = a_m x_m + b_m u_0\,, \tag{2}$$

где a_m, b_m – произвольные постоянные.

Адаптивное управление имеет следующий вид [1]:

$$u_a = k_a x + k_b u_0 + \sum_{i=1}^{q} k_{\delta i}\Phi_{\delta i}(x), q = 1,2,3...\,, \tag{3}$$

где $k_a, k_b, k_{\sigma i}$ – скалярные настраиваемые коэффициенты, а гауссовы функции выражаются следующим образом: $\Phi_i(x) = e^{-\|x-x_{ci}\|^2/2\sigma_i}, i = \overline{1,q}$, x_{ci} – вектор центра, σ_i – ширина функции.

Алгоритмы настройки параметров адаптивного управления выражаются дифференциальными уравнениями вида [1, 2]:

$$\left.\begin{aligned} \dot{k}_a(t) &= -\gamma_a b_m e x - \lambda_a k_a; \\ \dot{k}_b(t) &= -\gamma_b b_m e u_0 - \lambda_b k_b; \\ \dot{k}_{\delta i}(t) &= -\gamma_{\delta i} b_m e \Phi_i(x) - \lambda_{\delta i} k_{\delta i}, \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

где $\gamma_a, \gamma_b, \gamma_{\sigma i}, \lambda_a, \lambda_b, \lambda_{\sigma i}$ – скалярные настраиваемые коэффициенты; $e = x - x_м$ – ошибка.

На основе структур эталонной модели (2), адаптивного закона (3) и алгоритмов настройки (4) построена обобщенная схема адаптивной системы с параметрической настройкой и гауссовыми функциями для управления объектом первого порядка (1), которая представлена на рис. 1.

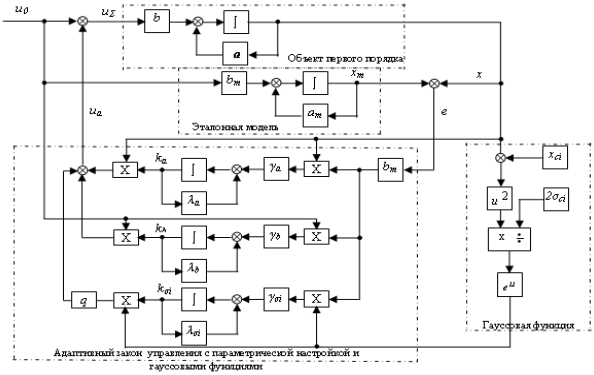


Рис. 1. Схема адаптивной системы с параметрической настройкой и гауссовыми функциями для управления объектом первого порядка

Адаптивная система с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и гауссовыми функциями для управления объектом второго порядка

Рассмотрим объект управления второго порядка вида

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}(\mathbf{x},t)\mathbf{x} + \mathbf{b}u_\Sigma; u_\Sigma = u_0 + u_a, \quad (5)$$

где $\mathbf{A}(\mathbf{x},t) = \begin{bmatrix} a_1(\mathbf{x},t) & a_2(\mathbf{x},t) \\ a_3(\mathbf{x},t) & a_4(\mathbf{x},t) \end{bmatrix}; \mathbf{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}; \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}.$

Желаемые показатели адаптивной системы характеризуются поведением эталонной модели (ЭМ) вида

$$\dot{\mathbf{x}}_{\mathbf{м}} = \mathbf{A}_{\mathbf{м}}\mathbf{x}_{\mathbf{м}} + \mathbf{b}_{\mathbf{м}}u_0, \tag{6}$$

где $\mathbf{A}_{\mathbf{м}} = \begin{bmatrix} a_{м1} & a_{м2} \\ a_{м3} & a_{м4} \end{bmatrix}; \mathbf{b}_{\mathbf{м}} = \begin{bmatrix} b_{м1} \\ b_{м2} \end{bmatrix}; \mathbf{x}_{\mathbf{м}} = \begin{bmatrix} x_{м1} \\ x_{м2} \end{bmatrix}.$

Адаптивное управление имеет следующий вид [1]:

$$u_a = \mathbf{k}_{\mathbf{A}}^{\mathbf{T}}\mathbf{x} + k_b u_0 + \sum_{i=1}^{q} \mathbf{k}_{\boldsymbol{\delta}\mathbf{i}}^{\mathbf{T}} \boldsymbol{\Phi}_{\boldsymbol{\delta}\mathbf{i}}(\mathbf{x}), q = 1,2,3\ldots, \tag{7}$$

где $\mathbf{k}_{\mathbf{A}}^{\mathbf{T}}; \mathbf{k}_{\boldsymbol{\sigma}\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}$ – векторы-строки настраиваемых коэффициентов; k_b – скалярный настраиваемый коэффициент, а гауссовы функции имеют вид $\Phi_i(x) = e^{-\|x - x_{ci}\|^2 / 2\sigma i}, i = \overline{1, q}$, x_{ci} – вектор центра, σ_i – ширина функции.

Алгоритмы настройки параметров адаптивного управления выражаются дифференциальными уравнениями вида [1, 2]:

$$\left.\begin{aligned} \dot{\mathbf{k}}_{\mathbf{A}}^{\mathbf{T}}(t) &= -\gamma_a \mathbf{b}_{\mathbf{м}}^{\mathbf{T}} \mathbf{P} \mathbf{e} \mathbf{x}^{\mathbf{T}} - \lambda_a \mathbf{k}_{\mathbf{A}}^{\mathbf{T}}(t); \\ \dot{k}_b(t) &= -\gamma_b \mathbf{b}_{\mathbf{м}}^{\mathbf{T}} \mathbf{P} \mathbf{e} u_0 - \lambda_b k_b(t); \\ \dot{\mathbf{k}}_{\boldsymbol{\delta}\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}(t) &= -\gamma_{\delta i} \mathbf{b}_{\mathbf{м}}^{\mathbf{T}} \mathbf{P} \mathbf{e} \boldsymbol{\Phi}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}(\mathbf{x}) - \lambda_{\delta i} \mathbf{k}_{\boldsymbol{\delta}\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}(t), \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

где $\gamma_a, \gamma_b, \gamma_{\sigma i}, \lambda_a, \lambda_b, \lambda_{\sigma i}$ – скалярные настраиваемые коэффициенты; $\mathbf{e} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_{\mathbf{м}}$ – вектор ошибки.

На основе структур эталонной модели (6), адаптивного закона (7) и алгоритмов настройки (8) построена обобщенная векторно-матричная схема адаптивной системы с параметрической настройкой и гауссовыми функциями для управления объектом второго порядка (5), которая представлена на рис. 2.

Для моделирования адаптивной системы управления с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и гауссовыми функциями выбираем объект первого порядка $\dot{x} = \sin^2(x)x^2 + 10u_{\Sigma}$ (пример 1) с эталонной моделью $\dot{x}_m = -10x_m + 10u_0$ и объект второго порядка с матрицами $\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ x_2^2 \sin(x_2) & x_1^2 \end{bmatrix}$ (пример 2) с эталонной моделью $\mathbf{A}_{\mathbf{м}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}, \mathbf{b}_{\mathbf{м}} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix}.$

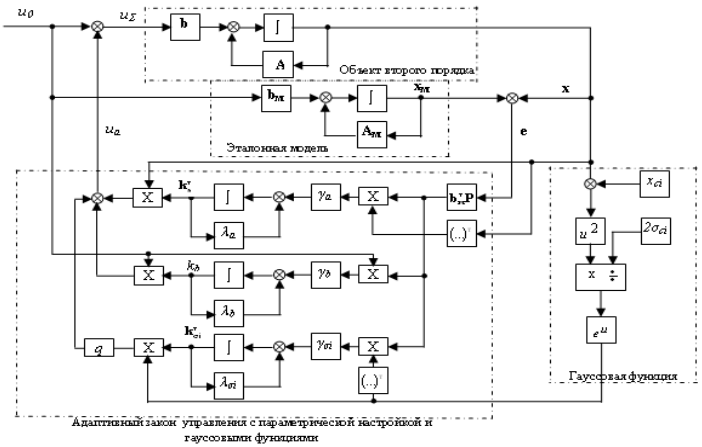
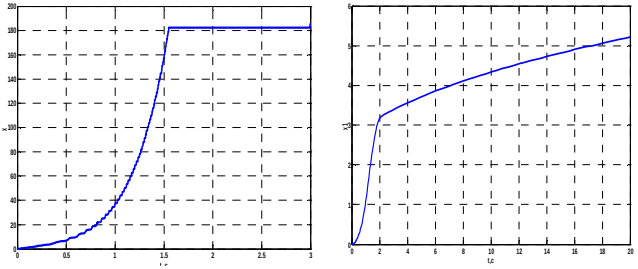


Рис. 2. Схема адаптивной системы с параметрической настройкой и гауссовыми функциями для управления объектом второго порядка

На рис. 3 показаны переходные процессы объекта (рис. 3, *а* – для примера 1, рис. 3, *б* – пример 2).

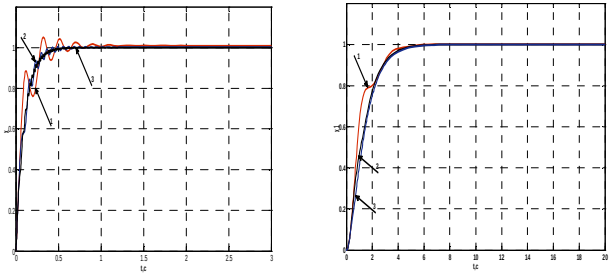
На рис. 4 показаны переходные процессы адаптивной системы управления без гауссовых функций при $\gamma_b = \lambda_a = \lambda_b = 1$ (рис. 4, *а* – для примера 1, рис. 4, *б* – пример 2): кривая 1 – при $\gamma_a = 1$; 2 – при $\gamma_a = 10$; 3 – при $\gamma_a = 100$.

На рис. 5 показаны переходные процессы адаптивной системы управления с гауссовыми функциями при $\gamma_a = 10$; $\gamma_b = \lambda_a = \lambda_b = 1$; $\sigma_i = 1$; $x_{ci} = 0$ (рис. 5, *а* – для примера 1, рис. 5, *б* – пример 2): кривая 1 – без гауссовых функций; 2 – с одной гауссовой функцией; 3 – с 10 гауссовыми функциями.



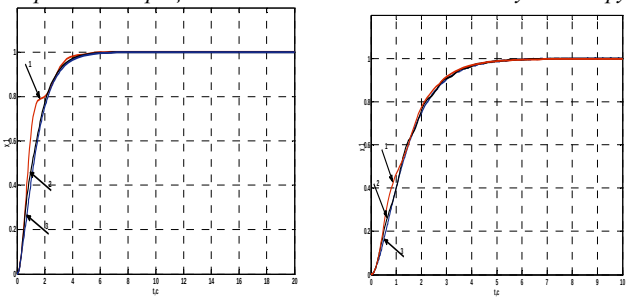
а *б*

Рис. 3. Переходные процессы объекта



а *б*

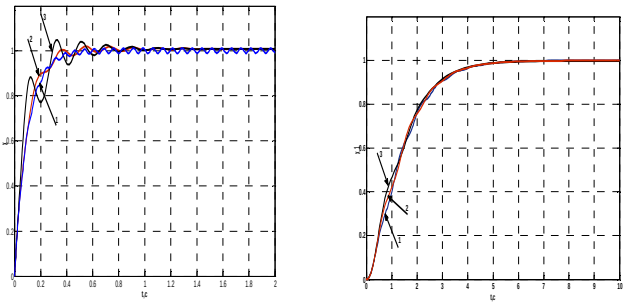
Рис. 4. Переходные процессы адаптивной системы без гауссовых функций



а *б*

Рис. 5. Переходные процессы адаптивной системы с гауссовыми функциями

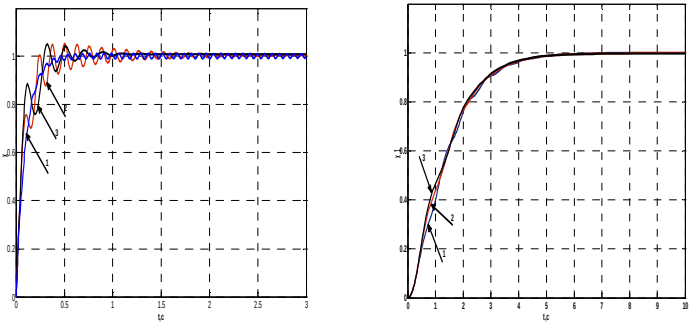
На рис. 6 показаны переходные процессы адаптивной системы управления с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и 10 гауссовыми функциями при изменении ширины гауссовой функции (рис. 6, *а* – для примера 1, рис. 6, *б* – пример 2): кривая 1 – при $\sigma_i = 1$; 2 – при $\sigma_i = 0.1$; 3 – при $\sigma_i = 0.01$.



а *б*

Рис. 6. Переходные процессы адаптивной системы при изменении значений ширины гауссовых функций

На рис. 7 показаны переходные процессы адаптивной системы управления с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и 10 гауссовыми функциями при изменении центра гауссовой функции (рис. 7, *а* – для примера 1, рис. 7, *б* – пример 2): кривая 1 – при $x_{ci} = 0$; 2 – при $x_{ci} = 0.5$; 3 – при $x_{ci} = 1$.



а *б*

Рис. 7. Переходные процессы адаптивной системы при изменении значений центра гауссовых функций

Заключение

Результаты исследований подтверждают работоспособность систем адаптивного управления с эталонной моделью, алгоритмами параметрической настройки и гауссовыми функциями в задачах подавления упругих колебаний. Исследование показывает, что в случае присутствия гауссовых функций, переходные процессы ближе к эталонным моделям, чем в случае их отсутствия. Видно, что увеличение числа гауссовых функций обеспечивает лучшее качество системы и изменение параметров гауссовых функций оказывает влияние на переходные процессы.

Список литературы

1. Naira Novakimyan, Chengyu Cao L1. Adaptive Control Theory: Guaranteed Robustness with Fast Adaptation / SIAM, USA, 2010. – 320 p.

2. Путов В. В., Шелудько В. Н. Адаптивные и модальные системы управления многомассовыми нелинейными упругими механическими объектами. – СПб.: Элмор, 2007. – 244 с.

Работа представлена д. т. н., профессором кафедры САУ Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», профессором Путовым В.В.
Дата представления работы: 02.04.2011.

СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АО «ССГПО»

О.А. Брайчук, С.М. Андреев

РГКП «Рудненский индустриальный институт»,
***Казахстан**, г.Рудный, ул.50л.Октября, д. 58,*
braichuk@rambler.ru
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И.Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*

Обеспечение оптимальной работы объекта управления становится в настоящее время одной из центральных задач при автоматизации производственных процессов. Процесс измельчения имеет экстремальную статическую характеристику в замкнутом цикле. Нахождение максимального значения производительности обеспечивается поисковой системой.

SYSTEM OF OPTIMIZATION OF MANAGEMENT OF PROCESS OF CRUSHING OF ORE MATERIALS IN THE CONDITIONS OF JOINT-STOCK COMPANY "SSGPO"

O.A. Braichuk, S.M. Andreev

Maintenance of optimum work of object of management becomes now one of the central problems at automation of productions. Crushing process has the extreme static characteristic in the closed cycle. The finding of the maximum value of productivity is provided with a search engine. By optimization of process of crushing in the closed cycle the problem of increase in productivity and decrease in labor input of works dares.

Актуальность работы

При управлении технологическими процессами промышленного производства часто возникает задача определения и автоматического поддержания такого значения входного параметра процесса, при котором обеспечивается достижение наилучшего (экстремального) значения выходного параметра. При оптимизации процесса измельчения в замкнутом цикле решается задача увеличения производительности и снижения трудоемкости работ.

Результаты реализации решения задачи

В случае автоматического управления процессом измельчения железной руды в шаровых мельницах требуется поддерживать максимально возможную текущую производительность мельницы.

Технологическая схема процесса измельчения представлена на рис.1.

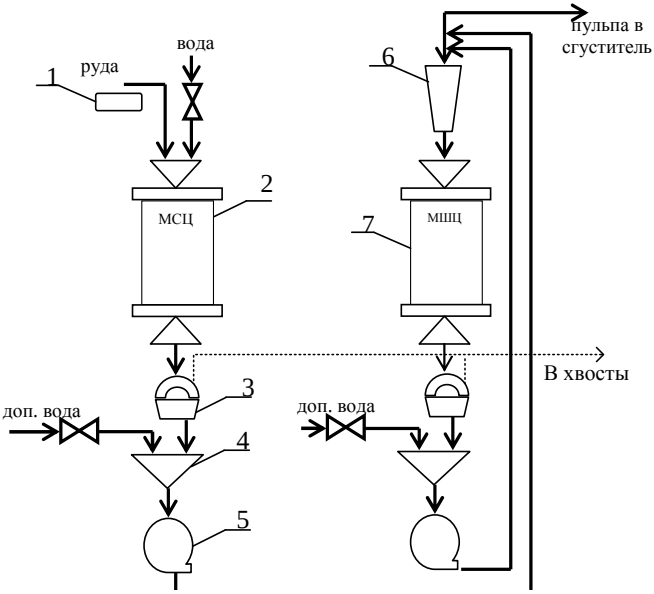


Рис. 1. Структурно-технологическая схема процесса измельчения

Руда по конвейеру 1 подается в стержневую мельницу 2 с центральной разгрузкой. Одновременно с рудой в мельницу поступает вода. После измельчения пульпа попадает в магнитный сепаратор 3, где происходит отделение железной руды от пустой породы, которая уходит в «хвосты». Вследствие магнитного обогащения пульпа с высоким содержанием железа попадает в зумпф 4, а пульпа с недостаточным содержанием железа уходит в хвосты. Также в зумпф поступает дополнительная вода. С зумпфа с помощью насоса 5 пульпа поступает в гидроциклон 6. Далее пульпа поступает в мельницу шаровую 7, где измельчается до класса крупности 71 микрон. После измельчения происходит повторное магнитное обогащение, подача насосом в гидроциклон с дополнительной подачей воды. Пульпа с цикла измельчения поступает в процесс сгущения.

На оптимальную работу технологического процесса одновременно влияет несколько величин. Поэтому при оптимизации управления этими процессами обязательно необходимо учитывать взаимовлияние величин друг на друга. Это взаимовлияние в реальных производственных условиях проявляется в смещении (дрейфе) статической характеристики оптимизируемого процесса под действием технологических возмущений и случайных помех.

При оптимизации процесса измельчения наличие возмущений в связи с изменением свойств рудного материала приводит к смещению

статической характеристики. Экспериментальные статические зависимости часовой производительности шаровой мельницы от соотношения подаваемой руды и воды для различной твердости рудного материала представлены на рис. 2.

Представленные зависимости часовой производительности шаровой мельницы от плотности пульпы имеют экстремальный вид. При определенном значении плотности пульпы производительность цикла снижается, и процесс измельчения ухудшается, вызывая рост циркулирующей нагрузки в агрегате, работающем в замкнутом цикле.

Оптимизацию управления процессом измельчения рудных материалов целесообразно осуществлять с использованием систем автоматической оптимизации, работающих по принципу запоминания экстремума скорости изменения выходного параметра процесса измельчения. Упрощенная структурно-функциональная схема системы оптимизации управления процессом измельчения рудных материалов представлена на рис. 3.

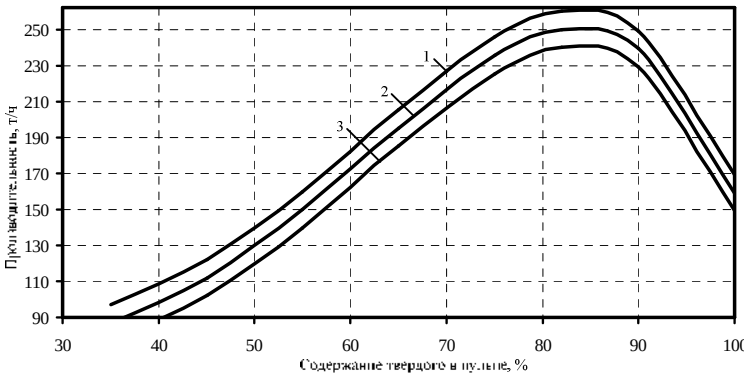


Рис.2. Экспериментальные статические зависимости часовой производительности шаровой мельницы от соотношения подаваемой руды и воды: 1 – при номинальной твердости железной руды; 2 – при руде, тверже номинальной на 10%; 3 – при руде, тверже номинальной на 20%

Контур стабилизации управляет подачей воды в предварительную стадию измельчения. Контур оптимизации управляет подачей руды в обе стадии измельчения. Управление соотношением руда/вода идет по схеме пропорционирования.

Оптимизирующий контур позволяет находить и поддерживать максимальную производительность замкнутого цикла путем подачи руды на предварительную стадию измельчения.

Датчик веса WE измеряет загрузку руды в мельницу. В блоке К вычисляется теоретическое количество воды, необходимое для подачи в стержневую мельницу МСЦ.

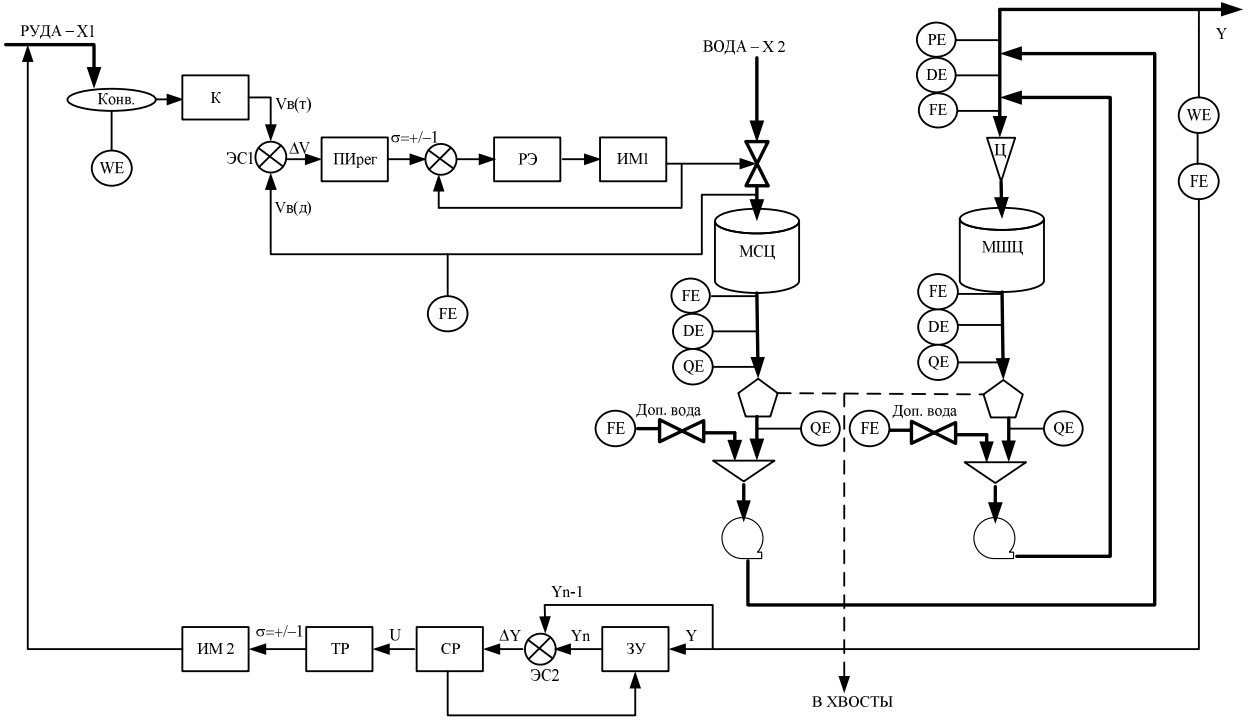


Рис. 3. Структурно-функциональная схема процесса измельчения

На выходе элемента сравнения ЭС1 формируется сигнал рассогласования ΔV=Vв(д)-Vв(т) подаваемого на вход ПИ регулятора контура стабилизации количества воды от заданного значения. На выходе ПИ регулятора формируется сигнал для управления исполнительного механизма ИМ1, перемещающего регулирующий клапан для изменения текущего расхода воды. Текущий расход воды измеряется перед входом МСЦ датчиком FE.

На выходе из МСЦ датчиками FE, DE, QE измеряются текущие значения расхода, плотности, гранулометрического состава пульпы.

Текущее значение содержания железа в руде измеряется на выходе магнитного сепаратора датчиком QE.

Перед входом в гидроциклон датчиками PE, DE, FE измеряются текущие значения давления, плотности и расхода пульпы.

На выходе из шаровой мельницы МШЦ происходит измерение текущих значений расхода, плотности, гранулометрического состава пульпы датчиками FE, DE, QE соответственно.

На выходе из цикла измельчения датчиками WE и FE измеряется плотность пульпы, которая является выходной величиной процесса Y.

Выходная величина Y подается на запоминающее устройство ЗУ. Запоминающее устройство СЭР с запоминанием экстремума фиксирует только увеличение выходного сигнала Yn. На уменьшение сигнала Yn ЗУ не реагирует. Выходной сигнал ЗУ Yn-1 непрерывно подается на вход элемента сравнения ЭС2, где сравнивается с текущим значением выходного сигнала Yn объекта управления. Сигнал разности ΔYn=Yn– Yn-1 подается на вход сигнум-реле СР.

Если Yn< Yn-1, то ΔYn становится отрицательной. Это значение сравнивается с величиной зоны нечувствительности сигнум-реле ΔYн. Как только выполнится условие ΔYn <Yн, сигнум-реле срабатывает. На выходе формируется управляющий импульс U, который перебрасывает триггер реверса ТР и одновременно сбрасывает запомненное максимальное значение в ЗУ. В результате на выходе ЗУ устанавливается текущее значение выходного параметра – производительность пульпы.

Триггер реверса формирует управляющий сигнал σ = +/-1, который изменяет направление движения исполнительного механизма ИМ2, изменяющего величину входного управляющего параметра X_1 – расход руды в требуемом направлении.

После срабатывания СР (реверса ИМ2), сбрасывания ЗУ, запоминание сигнала Yn начинается снова.

Моделирование процесса проведено при следующих параметрах: T_0 = 20 с; $К_{им1}$ = 0,5 т/ч; $К_{им2}$ = 0,5 т/ч; $T_в$ = 20 с; $К_в$ = 0,22; $Z_н$ = 0,002; Δτ = 1 с.

Расчетные траектории изменения во времени $V_{р/в}(\tau)$, $V_р(\tau)$, $V_в(\tau)$ при одновременном функционировании контура стабилизации подачи воды и контура оптимизации подачи руды представлены на рис. 4.

В конечном результате при совместной работе двух ведущих контуров управления через 120 с производительность достигнет оптимального значения и составит 260 т/ч.

Траектория изменения $V_{р/в}(\tau)$ в зависимости от величины текущего расхода руды $V_р(\tau)$ в процессе работы СОУ процесса измельчения руды представлена на рис. 5.

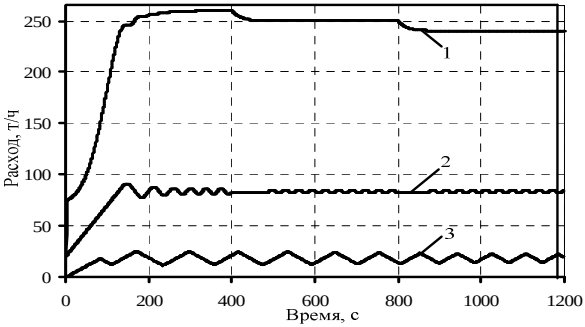


Рис. 4. Расчетные траектории изменения во времени: 1 – $V_{р/в}(\tau)$; 2 – $V_р(\tau)$; 3 – $V_в(\tau)$ при функционировании системы оптимизации управления процесса измельчения рудного материала в шаровой мельнице

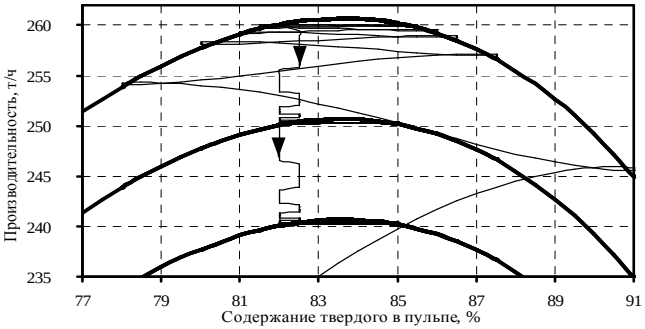


Рис.5. Расчетная траектория изменения $V_{р/в}(\tau)$ в зависимости от величины текущего расхода руды $V_р(\tau)$ в процессе работы СОУ процесса измельчения руды

Заключение

В результате совместной работы двух основных контуров управления в процессе измельчения устанавливается оптимальная производительность 260 т/ч при минимально необходимых для этого расходах руды и воды. Это подтверждается тем, что максимум статической характеристики установившегося процесса составляет 263 т/ч, т.е. потери на поиск в СОУ составляют 3 т/ч.

Рассмотренная модель оптимизации управления процессом измельчения в замкнутом цикле позволяет комплексно исследовать взаимосвязанный сложный режим работы двух ведущих контуров управления.

Список литературы

1. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. – М.:Радио и связь, 1988. – с. 76.

2. Либерзон Л. М, Родов А. Б. Системы экстремального регулирования. – М.:Энергия, 1965. – 158 с.

3. Парсункин Б.Н., Бушманова М.В. Расчет переходных процессов в системах экстремального регулирования запоминанием экстремума. – Магнитогорск: МГТУ, 2001. – 245 с.

4. Парсункин Б.Н., Бушманова М.В., Андреев С.М. Расчеты систем автоматической оптимизации управления технологическими процессами в металлургии. – Магнитогорск: МГТУ, 2003. – 267 с.

5. Парсункин Б.Н., Андреев С.М., Ахметов У.Б. Оптимизация управления технологическими процессами в металлургии: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2006. – 198 с.

ДИНАМИЧЕСКАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Е.Я. Омельченко

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск,*
пр. Ленина, д. 38
momentum2@yandex.ru

Представлены основные уравнения, разработана структурная схема математической модели трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, позволяющая рассчитывать переходные процессы в электродвигателе и электроприводе с учетом распределенной обмотки, насыщения и вихревых токов в зубцах статора и ротора. Модель реализована с помощью программного пакета MATLAB 6. Представлены кривые переходных процессов прямого пуска двигателя.

THE DYNAMIC MATHEMATICAL MODEL OF 3-PHASE SYORT-CIRCUITED INDUCTION MOTORS

E.J. Omelchenko

Based on the fundamental functional dependences, a mathematical model of 3-phase short-circuited induction motors was designed. This model permits to execute the calculation of motor and electric drive electromagnetic and elec-

tromechanical transients taking into consideration the saturation and the eddy currents in stator and rotor projections. The model was realized by Matlab 6 computing tools. Calculated starting transients of the motor are shown.

Актуальность работы

Регулируемый электропривод переменного тока (ЭППТ) стал самым распространенным, существенно потеснив позиции электропривода постоянного тока. Современные транзисторные преобразователи частоты, тиристорные устройства плавного пуска на базе микропроцессорных устройств надежно и качественно управляют асинхронными и синхронными двигателями. Простота конструкции и отсутствие вращающихся контактов за счет применения беличьей клетки ротора сделало асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором самой надежной и распространенной электрической машиной, причем электромагнитные процессы, происходящие в роторной обмотке, существенно отличаются от типовых процессов в электрических машинах.

Поэтому разработка динамической математической модели асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, позволяющей максимально возможно учесть механизм электромагнитомеханического пространственного преобразования и управления энергией трехфазного переменного тока в механическую энергию с возможностью формирования электромеханических обратных связей, является актуальной научно-технической задачей.

Постановка задачи исследования

Существующие математические модели разработаны в основном в двухфазном варианте для сосредоточенных обмоток статора и ротора, учитывается только основная гармоника напряжения, тока, потокосцепления, практически не учитывается насыщение магнитной цепи и наведенные вихревые токи [1,2]. В трехфазном исполнении насыщение рассматривалось для сосредоточенных обмоток с фазным ротором без учета вихревых токов [3].

Исходные положения для разработки математической модели асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором: трехфазная обмотка статора уложена в пазы и состоит из нескольких катушечных групп; не учитываются зубцовые пульсации потока при вращении ротора; учет насыщения магнитной системы проводится по цепи «паз статора – зазор – паз ротора»; контуры вихревых токов представлены короткозамкнутыми витками в каждом зубце; роторная обмотка представлена одиночной беличьей клеткой, состоящей из двух замыкающих колец и токопроводящих стержней, уложенных в пазы; эффект вытеснения тока ротора не учитывается; индуктивности потоков рассеяния статорных и роторных обмоток считаются постоянными и не зависящими от насыщения основной магнитной цепи.

Исходные уравнения для статора

Электрические процессы в фазах статора описываются векторным уравнением

$$U_s = R_s I_s + L_s dI_s / dt + d\Psi_s / dt, \qquad (1)$$

где U_S, I_S, Ψ_S – обобщенные векторы напряжения, тока и потокосцепления статорных (s) обмоток; R_S, L_S – активное сопротивление и индуктивность потоков рассеивания обмоток.

Для расчета магнитодвижущих сил (МДС) в пазах статора необходимо предварительно рассчитать пространственные волны намагничивающих сил фазных обмоток $\boldsymbol{Q}(\varphi)$ в зависимости от угловой функции дуги статора φ [2]. Для большинства АД с целью исключения зубцовых пульсаций магнитного потока выполняется скос пазов статорной или роторной обмотки на одно зубцовое деление. Поэтому пространственную обмоточную функцию можно рассчитать как линейный интеграл линейной плотности поверхностных токов обмотки $A(\varphi)$, причем линейную плотность для фазы принимаем постоянной на пазовом делении ΔZ. Магнитодвижущая сила статора в заданной точке магнитной системы зависит от взаимного расположения трех обмоток статора и фазных токов. В связи с этим вектор МДС для пазов принимает вид суммы произведений трехмерных токов статора на матрицы соответствующих коэффициентов [5]

$$F_S(n,t) = W_S(Q_A(n) i_{SA}(t) + Q_B(n) i_{SB}(t) + Q_C(n) i_{SC}(t)), \qquad (2)$$

где $F_S(n, t)$ – МДС в n-пазу статора; $Q_i(n)$ – значение пространственной обмоточной функции для n-паза статора.

$$F_S(n) = a + bn + cn^2 + dn^3 + en^4 + fn^5 + gn^6 + hn^7 + in^8 + jn^9,$$

Для момента времени t вектор МДС статора описывается интерполяционной функцией Лагранжа с равноотстоящими точками [4]
где коэффициенты *a*, *b*, *c* и т.д. рассчитываются в функции $F_S(n, t)$. Далее функция $F_S(n)$ используется для расчета результирующей магнитодвижущей силы в пазах ротора с учетом электрического угла поворота статора по отношению к ротору.

Учет насыщения магнитной цепи и расчет индукции в пазах статора и ротора проводится в относительных величинах [3] в функции от результирующей магнитодвижущей силы

$$b(f) = K_1 \cdot f + K_2 \cdot sign(f) \cdot (1 - \exp(-K_3 \cdot abs(f))) \ , \qquad (3)$$

где $f = F / F_H$ – относительное значение результирующей МДС; $F_H = I_{1H} * W_S$ – номинальная МДС, А; B_H – номинальное значение индукции, соответствующее F_H, В·с/м^2; K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, определяющие форму *b(f)*.

Для примера универсальная кривая намагничивания машин серии ДП описывается коэффициентами: K_1 = 0,139; K_2 = 0,94; K_3 = 2,47 [5].

Изменяющийся магнитный поток наводит ЭДС в стальных пластинах зубца статора, заставляя протекать вихревые токи, которые, в свою очередь, влияют на исходную МДС паза. Магнитный поток зубца

$$\Psi_{23} = l_s dZ \int_2^3 B_{Si}(\tau) d\tau = l_s \Delta Z (B_{S1} + 13B_{S2} + 13B_{3S} - B_{S4})/24 \qquad (4)$$

зависит от его геометрических размеров и индукции в соседних пазах, а величина вихревых токов в зубце статора определяется передаточной функцией

$$W_V(p) = \Psi_V / I_V = p / R_V / (1 + T_V p), \qquad (5)$$

где R_v – активное сопротивление контура вихревых токов статора, Ом; T_v – постоянная времени контура вихревых токов, с; l_S – длина пакета статора, м.

Далее вихревой ток $\boldsymbol{I_V}$ вычитается из МДС паза. Величина сопротивления *Rv* для конкретного двигателя задается такой величины, чтобы обеспечить необходимую суммарную мощность потерь в стали статора. Постоянная времени T_v = 2-3 мс обеспечивает устойчивое дифференцирование и рост потерь до частоты 50 Гц.

ЭДС, наводимая в распределенных обмотках, зависит от типа обмотки. ЭДС каждой катушечной группы определяется первой производной во времени от потокосцепления этой катушки. Суммарная ЭДС на фазу зависит от ЭДС катушечных групп и схемы соединения обмотки. Потокосцепление катушечной группы определяется площадью катушки и распределением индукции по этой площади. Для плоскопараллельного электромагнитного поля АД суммарная ЭДС на фазу k последовательно соединенных катушек

$$E_{Sj} = \sum_1^k \frac{d\psi_{Kj}}{dt} = W_S l_S \Delta Z \sum_1^k \left(\frac{d}{dt} \sum_1^n (B_{si} C_{ei}) \right), \qquad (6)$$

где C_{ei} – коэффициенты численного интегрирования функции с равноотстоящими точками [5]; ΔZ – шаг численного интегрирования, равный длине зубцового деления.

Коэффициенты C_{ei}, вычисляющие потокосцепление обмотки по индукции пазов, рассчитываются с помощью формул степенной интерполяции.

Исходные уравнения для ротора

Токи в стержнях беличьей клетки рассчитываются в соответствии со схемой замещения (рис.1) по уравнению

$$I_{R2}(p) = \frac{E_{R23}(p) - E_{R12}(p) + (I_{R1}(p) + I_{R3}(p)) Z_R(p)}{2(Z_R(p) + dR_R)}, \qquad (7)$$

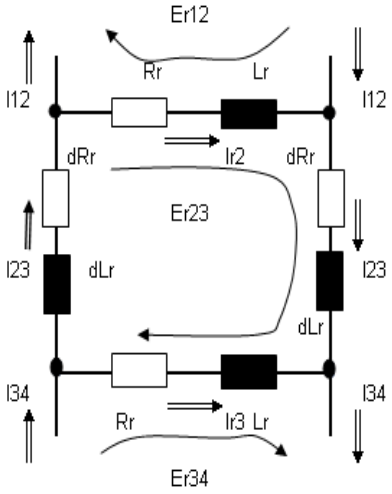


Рис. 1. Фрагмент схемы замещения роторной обмотки

где $Z_R(p)=R_R+L_Rp$ – полное сопротивление стержня; dR_R – активное сопротивление фрагмента кольца.

ЭДС, наводимая в контуре между пазами, рассчитывается по формуле

$$E_{R12} = -d\Psi_{R12}/dt = \\ = -d/dt(l_r d\tau(B_{R6} + \\ +13B_{R1}+13B_{R2}-B_{R3})/24), \quad (8)$$

Токи в стержнях ротора создают пространственную волну намагничивающих сил, которая рассчитывается как линейный интеграл токов стержней

$$F_R(n) = \int_{n-1}^{n} I_{Rn}dn + F_{Rn-1}, \quad (9)$$

Далее вектор МДС ротора $F_R(n)$ по аналогии со статорной обмоткой описывается интерполяционной функцией и используется для расчета результирующей намагничивающей силы в пазах статора с учетом электрического угла поворота ротора по отношению к статору.

Электромагнитный момент ротора, создаваемый токами стержней ротора и главным магнитным потоком, зависит от геометрических размеров ротора и пропорционален сумме произведений токов стержней на индукцию пазов:

$$M_R = D_R l_R p_p \sum_{1}^{n} (I_{Rn} B_{Rn}), \quad (10)$$

где D_R – диаметр заложения стержня роторной обмотки, м.

Структурная схема модели

В соответствии с исходными положениями и уравнениями (1)–(10) разработана структурная схема математической модели трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (рис.2), позволяющая рассчитывать переходные процессы выделенных переменных электрической машины с учетом насыщения стали и вихревых токов в зубцах статора и ротора.

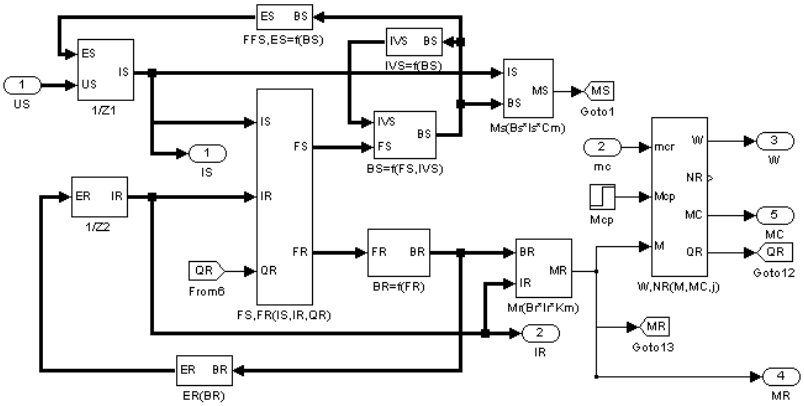


Рис. 2. Структурная схема математической модели ADK96

Блоки ***1/Z1*** и ***1/Z2*** на основе уравнений (1) и (7) рассчитывают трехмерный ток статорной обмотки и 6-мерный ток стержней роторной обмотки. С помощью блока ***FS, FR(IS,IR,QR)*** по уравнениям (2) и (9) производится расчет результирующей МДС пазов статора с учетом МДС ротора и электрического угла поворота ротора Θ. Блоки нелинейности ***BS=f(FS,IVS)*** и ***BR=f(FR)*** в соответствии с уравнением (3) рассчитывают индукцию в пазах. С помощью блоков ***FFS, ES=f(BS)*** и ***ER(BR)*** выполняется расчет наводимых ЭДС в статорных и роторных обмотках соответственно. Блоки ***Ms(Bs*Is*Cm)*** и ***Mr(Br*Ir*Km)*** по уравнению (10) рассчитывают электромагнитный момент ротора. Блок ***W, NR(M,MC,i)*** описывает поведение угловой скорости одномассовой электромеханической системы ω и электрического угла поворота Θ:

$$\omega = 1/J_R \int (M_R - M_C)dt, \Theta = p_p \int \omega dt.$$

Входными переменными в модели являются трехмерный вектор питающего напряжения U_S частотой f_S и момент сопротивления M_C.

Задачи, решаемые с помощью модели: пуско-тормозные режимы с использованием устройства плавного пуска; пуско-тормозные режимы и регулирование скорости АД при питании от преобразователя частоты.

Результаты моделирования

В соответствии со структурной схемой математической модели в среде программных и инструментальных средств MATLAB 6,5 разработана структурная схема математической модели трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором ADK96.mdl, позволяющая рассчитывать переходные процессы выделенных переменных электрической машины с учетом распределенных обмоток, насыщения стали и вихревых токов в пазах статора и ротора. В программе статорная обмотка выполнена с q=3 (n_1=9).

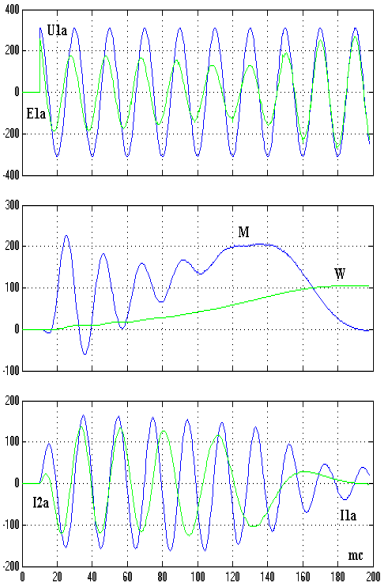


Рис. 3. Кривые переходных процессов

В соответствии со структурной схемой математической модели в среде программных и инструментальных средств MATLAB 6,5 разработана структурная схема математической модели трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором ADK96.mdl, позволяющая рассчитывать переходные процессы выделенных переменных электрической машины с учетом распределенных обмоток, насыщения стали и вихревых токов в пазах статора и ротора. В программе статорная обмотка выполнена с q=3 (n_1=9).

На рис.3 приведены кривые переходных процессов угловой скорости вращения ω, электромагнитного момента ротора M_r, токов статорной и роторной обмоток при прямом пуске электродвигателя МТКF211-6 (ПВ=40 %, $P_Н$=7,5 кВт, $n_Н$=880 об/мин, $I_Н$=19,5 А, $M_Н$=81,4 Нм, Iхх=11,65 А, Мк=216 Нм) на холостом ходу. Переходный процесс момента M_r при прямом пуске имеет характерный участок колебаний от начала пуска до t = 0,1 с частотой 50 Гц, связанный с частотой питающей сети и параметрами двигателя при пуске. Бросок момента доходит до 230 Нм, критический момент равен 210 Нм. Максимальный ток статора равен 170 А. В установившемся режиме ток статора, момент и угловая скорость практически совпадают с номинальными данными двигателя, что говорит об адекватности разработанной модели и реального двигателя.

Выводы

1. Разработанная математическая модель трехфазного асинхронного электродвигателя проводит расчет переходных процессов с учетом распределенных обмоток, насыщения и вихревых токов в пазах статора и ротора.
2. Разработанная модель реализована с помощью программных средств пакета MATLAB 6,5.
3. С помощью программы можно проводить исследования систем электропривода при питании двигателя от преобразователей частоты и устройств плавного пуска.

Список литературы

1. Ключев В.И. Теория электропривода: учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
2. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 654 с.
3. Омельченко Е.Я., Харламов А.В. Моделирование на ЭВМ переходных процессов в асинхронном электроприводе // Электротехнические системы и комплексы: межвуз сб. науч. тр.– Магнитогорск: МГТУ, 1998. – Вып. 4. – С. 36-42.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1974. – 832 с.
5. Омельченко Е.Я. Математическая модель асинхронного электродвигателя с фазным ротором // Электротехника. – 2007. – № 11. – С. 19-24.

Работа представлена д.т.н., директором Института энергетики и автоматики ГОУ ВПО «МГТУ», почетным работником высшего профессионального образования, профессором Сарваровым А.С.
Дата представления работы: 14.04.2011.

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

М.Ю. Пустоветов

Донской государственный технический университет,
Институт энергетики и машиностроения
***Россия**, 344000, г. Ростов-на-Дону, ул. Студенческая, д. 6*
mgsn2006@rambler.ru

Имитационное моделирование электрических, электромеханических и электронных устройств и систем является актуальным для решения задач по прогнозированию и анализу их поведения в условиях эксплуатации. Одним из распространённых элементов силовых электрических схем является трёхфазный трансформатор.

IMITATING MODELS OF 3-PHASE TRANSFORMER

M.Yu. Pustovetov

Imitating modeling of electrical, electromechanical and electronic devices and systems is an actual for purposes of them behavior prognosis and analysis under real conditions. The 3-phase transformer is one of the most widespread devices in an electric power schemes.

За основу уравнений имитационной модели трёхфазного трансформатора взяты электромагнитные уравнения обобщённой электриче-

ской машины в трёхфазных заторможенных координатах α, β, γ [1]. После ряда преобразований уравнения модели трёхфазного трансформатора (фазы *a*, *b*, *c*) записываются в следующем виде [2]:

$$\begin{cases} u_{a1} - r_{a1} i_{a1} - L_{\sigma a1} \dfrac{di_{a1}}{dt} = u_{a01} \\ u_{b1} - r_{b1} i_{b1} - L_{\sigma b1} \dfrac{di_{b1}}{dt} = u_{b01} \\ u_{c1} - r_{c1} i_{c1} - L_{\sigma c1} \dfrac{di_{c1}}{dt} = u_{c01} \\ e_{a2} - r_{a2} i_{a2} = u_{a2} \\ e_{b2} - r_{b2} i_{b2} = u_{b2} \\ e_{c2} - r_{c2} i_{c2} = u_{c2} \end{cases}, \qquad (1)$$

где

$$e_{a1} = -\left(u_{a01} + L_{\sigma a1} \frac{di_{a1}}{dt} \right); \quad e_{a2} = \mp \left(\frac{w_2}{w_1} u_{a01} + L_{\sigma a2} \frac{di_{a2}}{dt} \right);$$

$$e_{b1} = -\left(u_{b01} + L_{\sigma b1} \frac{di_{b1}}{dt} \right); \quad e_{b2} = \mp \left(\frac{w_2}{w_1} u_{b01} + L_{\sigma b2} \frac{di_{b2}}{dt} \right);$$

$$e_{c1} = -\left(u_{c01} + L_{\sigma c1} \frac{di_{c1}}{dt} \right); \quad e_{c2} = \mp \left(\frac{w_2}{w_1} u_{c01} + L_{\sigma c2} \frac{di_{c2}}{dt} \right).$$

Для каждой из фаз падение напряжения в ветви намагничивания первичной обмотки:

$$u_{a01} = -e_{a01} = L_m(i_{\mu a}) \frac{2}{3} \times$$

$$\times \left[\left(\frac{di_{a1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1} \frac{di_{a2}}{dt} \right) - \frac{1}{2} \left(\left(\frac{di_{b1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1} \frac{di_{b2}}{dt} \right) + \left(\frac{di_{c1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1} \frac{di_{c2}}{dt} \right) \right) \right] +$$

$$+ r_m \frac{2}{3} \left[\left(i_{1a} + \frac{w_2}{w_1} i_{a2} \right) - \frac{1}{2} \left(\left(i_{1b} + \frac{w_2}{w_1} i_{b2} \right) + \left(i_{1c} + \frac{w_2}{w_1} i_{c2} \right) \right) \right] =$$

$$= L_m(i_{\mu a}) \frac{di_{\mu a}}{dt} + r_m i_{\mu a}; \qquad (2)$$

$$u_{b01} = -e_{b01} = L_m(i_{\mu b})\frac{2}{3}\times$$

$$\times\left[\left(\frac{di_{b1}}{dt}+\frac{w_2}{w_1}\frac{di_{b2}}{dt}\right)-\frac{1}{2}\left(\left(\frac{di_{a1}}{dt}+\frac{w_2}{w_1}\frac{di_{a2}}{dt}\right)+\left(\frac{di_{c1}}{dt}+\frac{w_2}{w_1}\frac{di_{c2}}{dt}\right)\right)\right]+$$

$$+r_m\frac{2}{3}\left[\left(i_{b1}+\frac{w_2}{w_1}i_{b2}\right)-\frac{1}{2}\left(\left(i_{a1}+\frac{w_2}{w_1}i_{a2}\right)+\left(i_{c1}+\frac{w_2}{w_1}i_{c2}\right)\right)\right]=$$

$$=L_m(i_{\mu b})\frac{di_{\mu b}}{dt}+r_m i_{\mu b}; \qquad (3)$$

$$u_{c01} = -e_{c01} = L_m(i_{\mu c})\frac{2}{3}\times$$

$$\times\left[\left(\frac{di_{c1}}{dt}+\frac{w_2}{w_1}\frac{di_{c2}}{dt}\right)-\frac{1}{2}\left(\left(\frac{di_{a1}}{dt}+\frac{w_2}{w_1}\frac{di_{a2}}{dt}\right)+\left(\frac{di_{b1}}{dt}+\frac{w_2}{w_1}\frac{di_{b2}}{dt}\right)\right)\right]+$$

$$+r_m\frac{2}{3}\left[\left(i_{c1}+\frac{w_2}{w_1}i_{c2}\right)-\frac{1}{2}\left(\left(i_{1a}+\frac{w_2}{w_1}i_{a2}\right)+\left(i_{b1}+\frac{w_2}{w_1}i_{b2}\right)\right)\right]=$$

$$=L_m(i_{\mu c})\frac{di_{\mu c}}{dt}+r_m i_{\mu c}, \qquad (4)$$

где e_{a1}, e_{b1}, e_{c1}, e_{a2}, e_{b2} и e_{c2} – ЭДС фаз первичной и вторичной обмоток [3]. Остальные обозначения в уравнениях (1) – (4) соответствуют общепринятым [1, 3].

Согласно [4] в основе теории групп соединений лежат векторные диаграммы трансформатора при холостом ходе, построенные по практической системе векторных обозначений. Исходя из неё знак «+» в выражениях для e_{a2}, e_{b2} и e_{c2} соответствует случаю, когда первичная и вторичная обмотки на одном стержне расположены и навиты одинаково. Знак «–» соответствует случаю встречного направления намотки катушек или перемены начала и конца одной из обмоток относительно другой. Знак «+» нужно использовать для получения групп соединений Δ/Y-11, Y/Y-0, Δ/Δ-0, а «–» для Δ/Y-5, Y/Y-6, Δ/Δ-6.

Описанная компьютерная модель трёхфазного трансформатора применима для конструкции с общим для всех фаз сердечником, в т.ч. при несимметрии питающих напряжений, несимметрии параметров фаз обмоток трансформатора (при условии одинаковости для всех фаз L_m и r_m) и несимметрии нагрузки. Учитывается насыщение магнитной цепи

от основного магнитного потока.

Несколько сложнее дело обстоит при составлении модели для других стандартных групп соединений трёхфазных трансформаторов, так как в этих случаях происходит перестановка фаз вторичной обмотки относительно первичной. Таков, например, случай Δ/Y-7. Для корректной имитации токов и напряжений здесь требуется видоизменение выражений (2) – (4) путём замены фазных индексов *a*, *b*, *c* при токах вторичной обмотки и их производных соответственно на *b*, *c*, *a*.

$$u_{a01} = -e_{a01} = L_m(i_{\mu a})\frac{2}{3}\times$$
$$\times\left[\left(\frac{di_{a1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{b2}}{dt}\right) - \frac{1}{2}\left(\left(\frac{di_{b1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{c2}}{dt}\right) + \left(\frac{di_{c1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{a2}}{dt}\right)\right)\right] +$$
$$+ r_m\frac{2}{3}\left[\left(i_{a1} + \frac{w_2}{w_1}i_{b2}\right) - \frac{1}{2}\left(\left(i_{b1} + \frac{w_2}{w_1}i_{c2}\right) + \left(i_{c1} + \frac{w_2}{w_1}i_{a2}\right)\right)\right] \qquad (5)$$

$$u_{b01} = -e_{b01} = L_m(i_{\mu b})\frac{2}{3}\times$$
$$\times\left[\left(\frac{di_{b1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{c2}}{dt}\right) - \frac{1}{2}\left(\left(\frac{di_{a1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{b2}}{dt}\right) + \left(\frac{di_{c1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{a2}}{dt}\right)\right)\right] +$$
$$+ r_m\frac{2}{3}\left[\left(i_{b1} + \frac{w_2}{w_1}i_{c2}\right) - \frac{1}{2}\left(\left(i_{a1} + \frac{w_2}{w_1}i_{b2}\right) + \left(i_{c1} + \frac{w_2}{w_1}i_{a2}\right)\right)\right] \qquad (6)$$

$$u_{c01} = -e_{c01} = L_m(i_{\mu c})\frac{2}{3}\times$$
$$\times\left[\left(\frac{di_{c1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{a2}}{dt}\right) - \frac{1}{2}\left(\left(\frac{di_{a1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{b2}}{dt}\right) + \left(\frac{di_{b1}}{dt} + \frac{w_2}{w_1}\frac{di_{c2}}{dt}\right)\right)\right] +$$
$$+ r_m\frac{2}{3}\left[\left(i_{c1} + \frac{w_2}{w_1}i_{a2}\right) - \frac{1}{2}\left(\left(i_{a1} + \frac{w_2}{w_1}i_{b2}\right) + \left(i_{b1} + \frac{w_2}{w_1}i_{c2}\right)\right)\right]. \qquad (7)$$

Иначе говоря, такая замена индексов фаз производится при вводе сигналов с модели вторичной обмотки в модель первичной обмотки. Кроме этого необходимо в комментариях к системе уравнений (1) произвести следующие замены:

$$e_{a2} = \left(\frac{w_2}{w_1} u_{c01} + L_{\sigma a2} \frac{di_{a2}}{dt} \right);$$

$$e_{b2} = \left(\frac{w_2}{w_1} u_{a01} + L_{\sigma b2} \frac{di_{b2}}{dt} \right);$$

$$e_{c2} = \left(\frac{w_2}{w_1} u_{b01} + L_{\sigma c2} \frac{di_{c2}}{dt} \right).$$

То есть индексы при падении напряжения в ветви намагничивания первичной обмотки каждой фазы u_{01} заменены: в фазе *a* на *c*, в фазе *b* на *a*, в фазе *c* на *b*. Заметим, что здесь имеет место ввод сигналов с модели первичной обмотки в модель вторичной обмотки, чем и объясняется обратная замена индексов фаз: *b*, *c*, *a* при u_{01} соответственно на *a*, *b*, *c*.

Разработанные имитационные модели трансформаторов реализованы посредством программного пакета *OrCAD* 9.2. На рис. 1 – 4 показаны составные части компьютерной модели фазы *a* трёхфазного трансформатора, обмотки которого соединены по схеме Δ/Y-7.

Результаты моделирования установившегося режима работы трансформатора мощностью 240 кВт с соединением обмоток по схеме Δ/Y-7 при питании от автономного инвертора напряжения показаны на рис. 5.

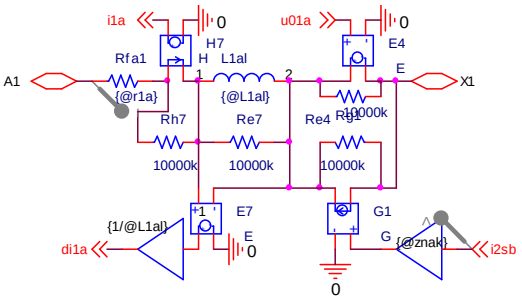


Рис. 1. Модель первичной обмотки трансформатора с Δ/Y-7

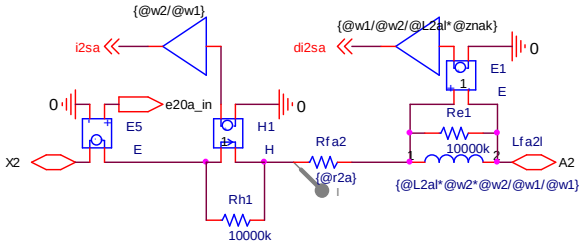


Рис. 2. Модель вторичной обмотки трансформатора с Δ/Y-7

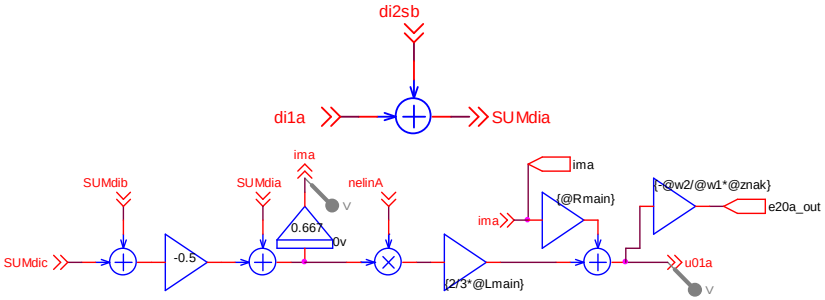


Рис. 3. Модель ветви намагничивания трансформатора с Δ/Y-7

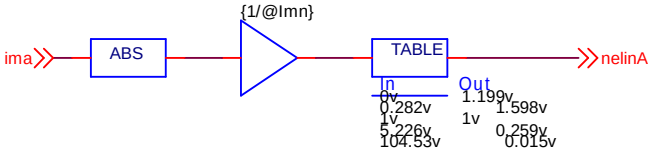


Рис. 4. Модель нелинейности кривой намагничивания

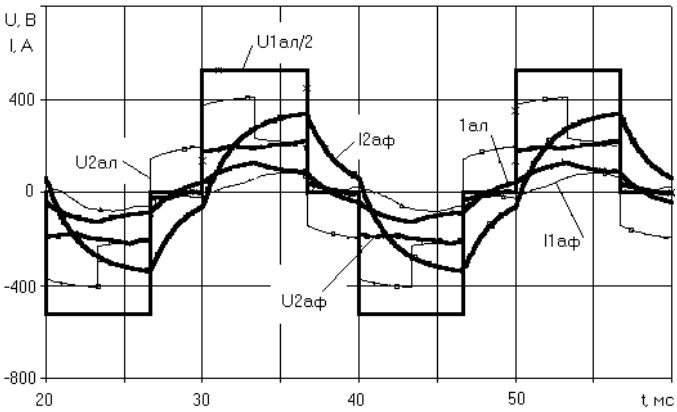


Рис. 5. Результаты моделирования токов и напряжений трансформатора 240 кВт Δ/Y-11

Заключение

Разработанные имитационные модели трансформаторов позволяют решать разнообразные исследовательские задачи, служат повышению качества расчётных экспериментов.

Список литературы

1. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов по спец. «Электромеханика». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1994. – 318 с.
2. Пехотский И.В., Пустоветов М.Ю., Пустоветова С.Ю. Моделирование электромагнитных процессов в трансформаторах // Вестник ВЭлНИИ ОАО «ВЭлНИИ». – Новочеркасск, 2004. – № 2. – С. 78-85.
3. Вольдек А.И. Электрические машины: учебник для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
4. Булгаков Н.И. Группы соединения трансформаторов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 81 с.

Работа представлена к. т. н., доцентом кафедры теоретических основ электротехники ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения» Трубициным М.А.

Дата представления работы: 14.04.2011.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA СИСТЕМЫ WONDERWARE IN TOUCH[1]

П.Г. Полько[2]

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*
polko1@mail.ru

В работе представлены результаты имитационного моделирования управления стержневой мельницы для медесодержащих руд. Автором показаны результаты проектирования и разработки программных элементов системы управления для действующего предприятия.

IMITATING MODEL OF PROCESS OF CRUSHING OF ORE MATERIALS WITH USE SCADA OF SYSTEM WONDERWARE IN TOUCH

P.G. Pol'ko

In work results of imitating modeling of management of a rod mill for copper-bearing ores are presented. By the author results of designing and working out of

1 Работа выполняется при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по государственному контракту П2402.

2 Работа выполнена под руководством д. т. н. Логуновой О.С.

program elements of a control system for the operating enterprise are shown.

Актуальность работы

Автоматическая оптимизация управления энергоемкими процессами измельчения исходных рудных и шихтовых материалов в промышленном производстве является важнейшей и актуальной проблемой обеспечения максимально возможной производительности технологических измельчительных агрегатов, работающих в замкнутом цикле. Доля эксплуатационных расходов, приходящихся на операцию измельчения, составляет от 40 до 70 % от общих расходов подготовки шихтовых материалов для последующих металлургических технологических операций. Удельные расходы дорогостоящей (4 – 6 руб./кВт·ч) электрической энергии в зависимости от физических свойств исходных материалов и применяемых технологических измельчительных агрегатов составляют от 20 до 60 кВт/ч.

Характеристика объекта управления

Современная АСУ ТП обогатительного производства представляет собой многоуровневую человеко-машинную систему управления, которая строится с использованием автоматических информационных систем сбора данных.

Отделение измельчения как объект управления с распределенными параметрами состоит из одной стержневой мельницы с прямым выходом и трех шаровых мельниц для первой и второй стадий измельчения. Функциональная схема АСУ ТП процессом измельчения рудных материалов представлена на рис. 1.

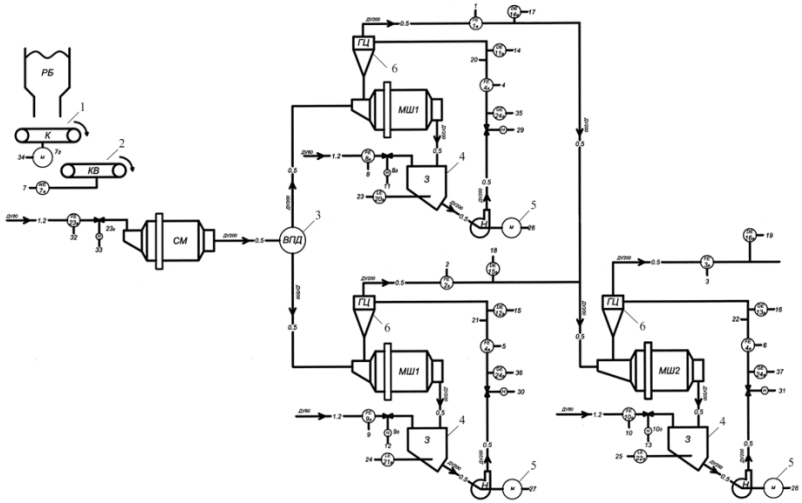


Рис. 1. Функциональная схема АСУ ТП процессом измельчения рудных материалов

Для загрузки исходного рудного материала использован ленточный конвейер 1, а для контроля массы рудного материала конвейерные (транспортные) весы 2.

Стержневая мельница функционирует в открытом режиме прямого выхода. Материал с выхода стержневой мельницы поступает в виде пульпы во вращающийся пульподелитель 3 для разделения пульпы между двумя шаровыми мельницами первой стадии измельчения.

Две шаровые мельницы первой стадии измельчения функционируют в замкнутом режиме в комплекте с зумпфами 4 для сбора пульпы после первой стадии измельчения и перемешивания ее с водой.

Для выкачивания пульпы из зумпфов 4 стадий измельчения используются насосы 5 с регулируемой скоростью вращения.

Пульпа под давлением подается в гидроциклоны 6 для классификации по гранулометрическому составу. Слив из гидроциклонов первой стадии измельчения подается в зумпф второй стадии измельчения. Крупные частицы рудного материала из классификаторов 6 подаются в виде возврата – песков на повторное измельчение в соответствующую стадию измельчения. Слив пульпы из второй стадии измельчения в виде готового продукта цикла измельчения подается на флотацию с целью обогащения.

Управление процессом измельчения рудных материалов в барабанных шаровых мельницах, работающих в замкнутом цикле, имеет определяющее влияние на эффективность оптимизации управления измельчением в комплексе АСУ ТП.

В связи с интенсивным развитием свободно программируемых технических средств автоматического управления широкое распространение получают системы, основанные на принципах теорий нечетких множеств и нечетких логических выводов [1 – 5].

Вместо двоичных систем, отображающих только истинные и ложные события (0,1), принцип нечеткой логики был создан для того, чтобы позволить управляющим программам функционирующих автоматических систем работать в диапазоне различных степеней истины.

Нечеткое управление оказывается особенно полезным, когда технологические процессы являются слишком сложными для анализа с использованием общепринятых количественных методов или когда доступные для анализа источники информации интерпретируются атрибутивно, качественно, неточно и неопределенно.

Основной работой оператора технологического процесса (диспетчера) становится работа с информацией. От него требуются не только профессиональные знания о технологическом процессе и основ управления им, но и опыт работы в информационных системах, умение принимать решение в диалоге с автоматизированной системой. Оператор становится главным действующим лицом в управлении технологическим процессом.

Программное обеспечение имитационной модели

Наиболее перспективной технологией построения автоматизированных систем, основанных на диалоге с оператором, является технология SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition –диспетчерское управление и сбор данных), которая нашла применение во многих отраслях промышленности и интерес к этой технологии растет на протяжении последнего десятилетия.

Построение на основе SCADA системы автоматизированных рабочих мест оператора позволяет значительно облегчить труд технолога, организовать автоматизированный сбор информации и мониторинг технологического процесса, реализовывать алгоритмы автоматизированной диагностики состояния технологического оборудования.

Передача информации с уровня контроллеров (локальных контуров управления) на уровень диспетчеризации процесса производится через специализированные устройства – шлюзы или коммуникационные процессоры, которые входят в состав комплекса технических средств МПК. Передача данных производится с использованием стандартизированной в АСУ ТП технологии OPC (Object Linking and Embedding for Process Control). Для организации связи необходимо настроить на компьютере АРМ оператора специализированную программу – OPC-сервер, которая реализует обмен информации с МПК. Для каждого типа МПК производитель выпускает свой OPC-сервер, в котором реализуется протокол обмена с конкретным типом контроллера. Для контроллеров семейства SIMATIC протокол обмена реализуется с помощью специализированного программного обеспечения Simatic NET, которое содержит как сам OPC-сервер, так и средства его настройки.

Для SCADA системы, реализованной в среде Windows, OPC-сервер предоставляет данные по протоколу внутренней передачи данных между приложениями DDE. Для преобразования протоколов используются дополнительные программные модули (например, OPCLink). Упрощенная схема реализации механизма передачи данных между МПК и АРМ оператора представлена на рис. 2.

1. SIMATIC NET – специализированные драйверы для организации связи между контроллерами фирмы Siemens и PC. Бывают двух видов – SOFTNET PG и SOFTNET S7. SOFTNET PG можно использовать только для программирования и диагностики состояния станции (контроллера) через Simatic Manager. SOFTNET S7 предоставляют возможность получения и передачи данных в контроллер через входящий в состав OPC-сервер.

2. OPCLink Server – специальное программное обеспечение фирмы Wonderware, позволяющее InTouch получать доступ к данным OPC сервера. InTouch взаимодействует с OPCLink Server через DDE.

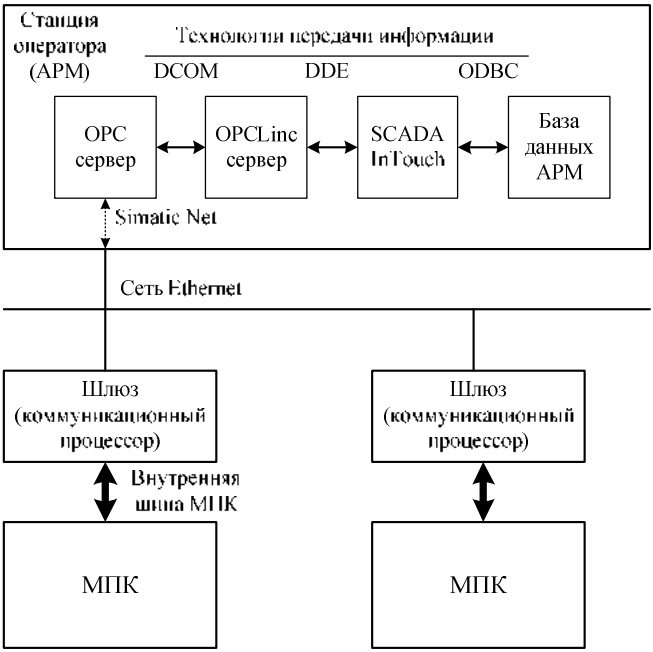


Рис. 2. Схема реализации механизма передачи данных между МПК и АРМ оператора с использованием SCADA системы InTouch

3. ODBC – набор функций API (Application Interface – интерфейс приложения) – технология доступа к реляционным базам данных.

4. DDE (dynamic data exchange) – аппарат динамического обмена данными между различными приложениями на основе механизма сообщений операционных систем Windows.

Общую схему информационного обмена в локальном контуре управления можно представить структурной схемой, показанной на рис. 3.

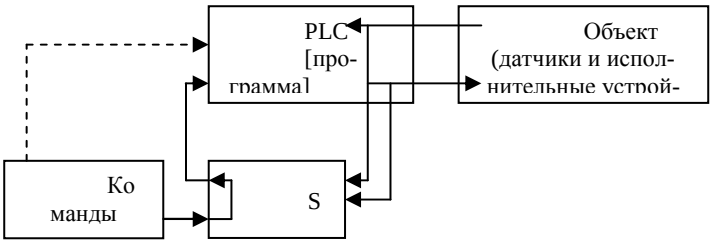


Рис. 3. Схема информационного обмена между оператором SCADA и МПК

Сигналы от датчиков технологического процесса считываются контроллером PLC и используются в системе управления. Контроллер для каждого локального контура в соответствии с заданным алгоритмом управления формирует управляющий сигнал. Одновременно эти сигналы поступают и в SCADA систему для контроля оператором. На основе этой информации происходит представление объекта на мнемосхеме. Оператор со своей стороны может вмешаться в процесс управления путем изменения задания, переключения режима управления, ручного формирования сигналов управления. Эти команды оператор может подавать как через интерфейс АРМ, так и локально, используя технические средства контура (ручной задатчик, блок ручного управления).

Фрагмент окна визуализации процесса измельчения первой стадии показан на рис. 4. На этом же рисунке показано окно интерфейса оператора изменения режима управления контуров (ручной/автоматический) и изменения величины установки контура стабилизации давления пульпы перед гидроциклоном.

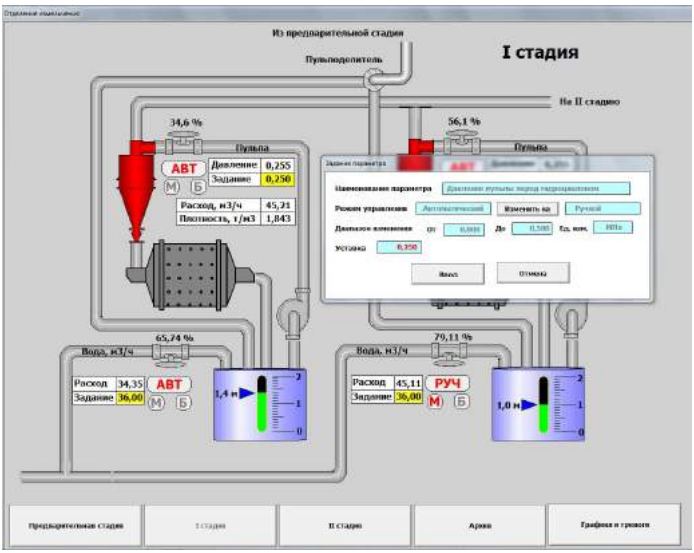


Рис. 4. Окно визуализации процесса первой стадии измельчения рудных материалов, реализованного с использованием SCADA системы Wonderware InTouch

Заключение

1. Для дальнейшего повышения эффективности работы АСУ ТП измельчением рудных материалов необходима разработка автоматизированных систем, осуществляющих управление процессом с целью достижения максимально возможных производственно-экономических итоговых показателей работы автоматизируемого процесса.

2. Использование современных технических и программных средств реализации локальных контуров управления позволяет создавать многоуровневые системы управления распределенными процессами с централизованным контролем параметров всего агрегата.

Список литературы

1. Zaden L. A. Fuzzy sets // Information and control, 1965. – № 8. – P. 338 – 353.

2. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

3. Прикладные нечеткие системы / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, К. Сугено. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

4. Батыршин И. З. Основные операции нечеткой логики и их обобщение. – Казань: Отечество, 2001. – 102 с.

5. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Годунов. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.

Работа представлена д.т.н., членом– корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ»Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 02.04.2011.

РАСЧЕТ ПРОДОЛЬНЫХ УСИЛИЙ В СЛИТКЕ МНЛЗ

С.И. Лукьянов[1], Н.В. Фомин[1], А.И. Хлыстов[2]

[1]ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И.Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*
[2]ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Кирова, д. 79*
ntc@magtu.ru

Качество слитка, отливаемого на машинах непрерывного литья заготовок, зависит от продольных усилий в слитке. Актуальной задачей является расчет усилий в слитке МНЛЗ.

CALCULATION SLITTING FORCES IN SLAB OF CONTINUOUS CASTER

S.I.. Lukjanov, N.V. Fomin, A.I. Hlystov

Slitting forces formed in slab of continuous caster are ensured casting slab quality. Actual problem is calculation slitting forces in slab of continuous caster.

Актуальность работы

В современных машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) вытягивание слитка из кристаллизатора осуществляется при помощи электропривода тянущих роликов зоны вторичного охлаждения (ЗВО). В процессе вытягивания в слитке образуются растягивающие продольные усилия, которые отрицательно влияют на качество непрерывно литых заготовок [1]. Актуальной задачей в настоящее время является определение значений реальных усилий, формируемых в слитке при его вытягивании из кристаллизатора, расчет требуемых по технологии усилий с целью минимизации растягивающих усилий в слитке и формирование требуемого по технологии заданного распределения моментов по электроприводам тянущих роликов.

Методика расчета реальных значений моментов вытягивания слитка

На рис. 1 представлены типичные диаграммы изменения мгновенных значений моментов нагрузки $M_{нi}$ электродвигателей тянущих роликов МНЛЗ в рабочем режиме. На ряде электродвигателей изменения моментов нагрузки незначительны (рис. 1,а), и ими можно пренебречь; на других электродвигателях (до 20-40% от общего числа) наблюдаются существенные колебательные либо апериодические изменения значений моментов нагрузки (рис. 1, б-г).

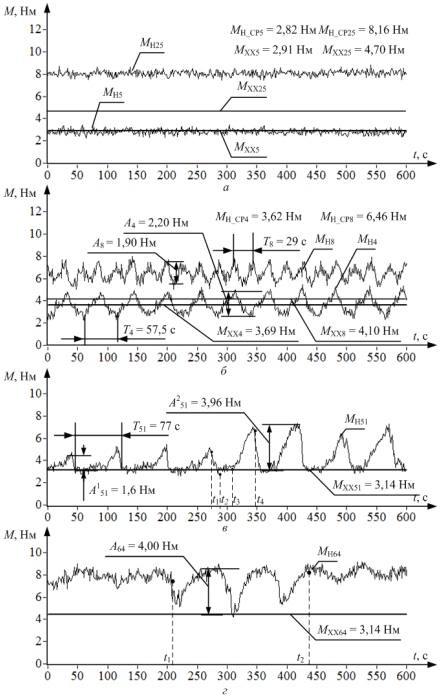


Рис. 1. Изменение моментов нагрузки на электроприводах тянущих роликов

Анализ временных диаграмм (рис. 1) показал, что величина периода Ti изменения значений моментов Мнi составляет десятки секунд и в большинстве случаев близка величине периода оборота тянущего ролика Трi диаметром Dpi.

Кроме этого, существенные изменения мгновенных значений моментов Мнi практически не вызывают заметных изменений общего момента нагрузки электропривода тя-

нущих роликов. С учетом того, что период изменения Мнi на отдельных электродвигателях составляет десятки секунд, а цикл разливки одной плавки – около одного часа, целесообразно исследование распределения моментов вытягивания слитка по электроприводам тянущих роликов выполнять по средним значениям моментов нагрузки, рассчитываемым за определенный фиксированный интервал времени Δt [3].

Разработана следующая методика расчета реальных значений моментов вытягивания слитка, прикладываемых к слитку электродвигателями тянущих роликов (рис. 2):

1) на фиксированной неизменной скорости вытягивания слитка Vp [м/мин] из массива мгновенных значений моментов нагрузки электродвигателей тянущих роликов Mi с переменной дискретной съема информации выделяется массив длительностью Δt = 10Tp, где Tp= 60πDp/Vp – период вращения ролика наибольшего диаметра Dp;

2) по данным массива длительностью Δt рассчитывается среднее арифметическое значение момента нагрузки электродвигателя $M_{нi}$ (рис. 2, а);

3) из массива мгновенных значений Mi выделяется массив значений моментов холостого хода электродвигателей тянущих роликов M_{xxi};

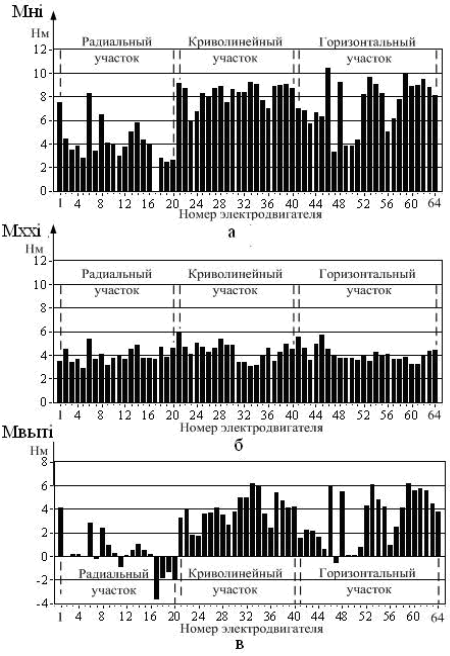


Рис. 2. Распределение реальных моментов вытягивания слитка

4) по выражению $M_{выпi} = M_{нi} – M_{xxi}$ определяются значения моментов вытягивания слитка (рис. 2, в).

Согласно рис. 2,в из шестидесяти четырех электроприводов тянущих роликов в рассматриваемый отрезок времени свое функциональное назначение – вытягивание слитка – выполняют сорок восемь электроприводов ($M_{выпi}>0$), шесть электроприводов, напротив, препятствуют вытягиванию слитка ($M_{выпi}<0$), а десять электроприводов фактически работают в режиме холостого хода ($M_{выпi}\approx0$).

С целью расчета требуемых по технологии значений моментов вытягивания слитка на электроприводах

тянущих роликов для технологических условий и параметров разливки стали с учетом конструктивных особенностей роликовой проводки ЗВО разработана математическая модель расчета усилий F_i сопротивления вытягиванию слитка в каждом межроликовом пространстве ЗВО МНЛЗ [3].

В общем случае величину усилия F_i для МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком и участком зоны загиба заготовки можно рассчитать из выражения:

$$F_i = F_{кр} + f_i(P_{фі} + P_{тпі} + P_{прі} + P_{загі} + P_{зі} + \\ + P_{мпі} + G_{рі} + G_{Qi}) + F_{випі} - G_м - G_{Ti}, \quad (1)$$

где $F_{кр}$ – усилие вытягивания слитка из кристаллизатора; f_i – эквивалентный коэффициент трения, обусловленный трением качения ролика по слитку и трением в подшипниках опор роликов; $P_{фі}$ – усилие ферростатического давления на ролики; $P_{тпі}$ – усилие давления на ролики от температурных поводок непрерывнолитой заготовки; $P_{прі}$ – усилие давления на ролик, обусловленное правкой слитка на криволинейном участке ЗВО; $P_{загі}$ – усилие давления на ролик, обусловленное загибом заготовки; $P_{зі}$ – усилие давления, вызванное протягиванием затвердевшей заготовки через роликовую проводку на горизонтальном участке ЗВО; $P_{мпі}$ – усилие механического прижима роликов к слитку; $G_{рі}$ – сила тяжести і-го ролика; G_{Qi}, G_{Ti} – нормальная и тангенциальная составляющие силы тяжести части слитка в межроликовом пространстве $G_{сі}$; $F_{випі}$ – усилие сопротивления вытягиванию выпученной корки заготовки из і-й пары роликов; $G_м$ – сила тяжести металла в кристаллизаторе. Составляющие выражения (1) рассчитываются по известным зависимостям [3, 4].

Таким образом, по выражению (1) можно рассчитать требуемые по технологии значения усилий F_i сопротивления вытягиванию слитка из каждой і-й пары роликов ЗВО. Расчет усилий сопротивления вытягиванию слитка на приводных роликах $F_{вытj}$ выполняется как сумма усилий F_i на данном j-м тянущем ролике и усилий на неприводных роликах перед ним до ближайшего соседнего j-1 тянущего ролика.

Требуемое по технологии значение момента вытягивания слитка $M_{вытj}$ на валу электродвигателя j-го тянущего ролика определяется по выражению

$$M_{вытj} = F_{вытj} D_{рj} / (2i_{рі}), \quad (2)$$

где $i_{рі}$– передаточное число редуктора.

Результаты расчета требуемых по технологии значений моментов вытягивания слитка $M_{вытj}$ на электроприводах тянущих роликов приведены на рис. 3.

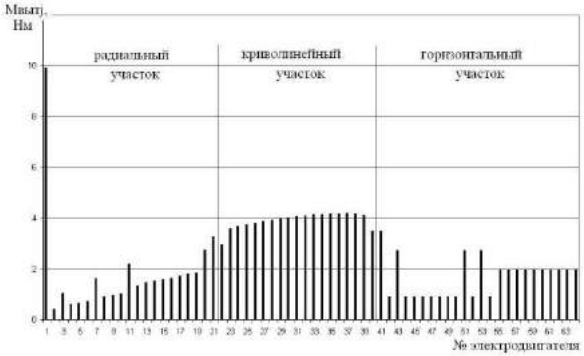


Рис. 3. Требуемое по технологии распределение моментов нагрузки

Из сравнения графиков распределения моментов рис. 2 и графиков рис. 3 следует, что по форме и виду реальное распределение значений моментов вытягивания слитка существенно отличается от требуемого по технологии (см. рис.3) распределения моментов.

Расчет продольных усилий в теле кристаллизирующегося слитка, вызванных несоответствием между реальными и требуемыми усилиями, выполняется из следующих соотношений [4]:

$$F_{1,2} = F_{T2} - F_{P2};$$
$$F_{2,3} = F_{1,2} + (F_{T3} - F_{P3});$$
$$\ldots$$
$$F_{i,i+1} = \sum_{j=2}^{i} F_{j-1,j} + (F_{T,i+1} - F_{Pi+1}); \quad (3)$$
$$\ldots$$
$$F_{n-1,n} = \sum_{j=2}^{n-1} F_{j-1,j} + (F_{T,n} - F_{Pn}),$$

где $F_{i-1,i}$ – продольное усилие, возникающее в слитке между *i*-1 и *i*-м приводными роликами; F_{Pi} – реальное усилие вытягивания на *i*-м ролике, определяемое через полезный момент вытягивания и радиус ролика: $F_{Pi} = M_{Пi}/R_i$; F_{Ti} – усилие сопротивления вытягиванию слитка, рассчитанное по модели распределения требуемых моментов нагрузки по тянущим роликам, необходимое и достаточное для транспортирования слитка в соответствующем ((*i*-1)_– *i*)-м межроликовом промежутке, рассчитываемое через момент вытягивания (2) и радиус ролика $F_{Ti}=M_{выті}/R_i$.

Заключение

Таким образом, приведенные методики расчета усилий в кристаллизирующемся слитке (1)-(3) позволяют реализовать систему распределения усилий в вытягиваемом слитке воздействием на индивидуальный электропривод тянущих роликов с целью минимизации продольных усилий в теле слитка для повышения его качества.

Список литературы

1. Автоматизированная система контроля и управления МНЛЗ: монография / Д.Х. Девятов [и др.]. – Магнитогорск: МГТУ, 2009. – 640 с.

2. Разработка системы управления электроприводом тянущих роликов криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком / С.И. Лукьянов [и др.] // Известия ТулГУ. Технические науки. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. – Ч. 3. – 244 с.

3. Исследование распределения моментов вытягивания слитка по электроприводам тянущих роликов машины непрерывного литья заготовок / С.И. Лукьянов [и др.] // Изв. вузов. Электромеханика. – 2009. – № 1.

4. Автоматизированный электропривод тянуще-правильного устройства МНЛЗ: монография / С.И. Лукьянов, А.Е. Васильев, Д.С. Лукьянов. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. – 179 с.

Работа представлена профессором, д.т.н., членом – корреспондентом Академии электротехнических наук, проректором по инновационным технологиям и инвестициям ГОУ ВПО «МГТУ» Лукьяновым С.И.

Дата представления работы: 12.04.2011.

ОПИСАНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Ю.Б. Кухта, Е.А Ильина

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*
perfectumyuka@mail.ru

Выполнено описание этапов создания автоматизированной системы управления геометрией горячекатаного листа, рассмотрен алгоритм функционирования ее основных модулей, базирующихся на математическом моделировании процесса, с возможностью точного прогнозирова-

ния изменения текущих параметров, корректировкой факторов влияния и получения информации о происшедших в результате этого изменениях.

APPLICATION OF APPLIED MATHEMATICS, DESCRIBING COMPLEX PROCESSES WITH USE OF COMPUTERS

J.B. Kukhta, E.A. Il'ina

The description of stages of creation of the automated control system by geometry горячекатаного sheet is executed. The algorithm of functioning by the core of modules ACSSG, based on mathematical modelling of process, with possibility of exact forecasting of change of current parametres, updating of factors of influence and information reception about a result of it changes is considered.

Актуальность работы

Любая технологическая цепочка производства продукции должна протекать по строго определенной схеме, позволяющей минимизировать выпуск брака. Управлять ею целесообразнее посредством автоматизированной системы (АС), алгоритмы которой базируются на математическом моделировании самого процесса. Поэтому создание АС всегда актуально и позволяет вовремя получить необходимую информацию, учесть ее на стадии подготовки плана выпуска готовой продукции, а также во время ее производства.

Сложные технологические процессы, к которым относится производство горячекатаного проката, опираются на множество важных параметров и, как следствие, сложны в управлении, а их математическое описание должно учесть большое количество факторов, изменяющихся во времени и влияющих на качество готовой продукции. Решить эти проблемы поможет разработка автоматизированной системы, которая позволит учесть стратегию производства с целью удовлетворения и предвосхищения запросов рынка в аспектах качества продукции, а также эффективно применить алгоритмы управления, основанные на математическом моделировании, для решения частных задач на всех уровнях технологического процесса.

Проектирование автоматизированной системы состоит из двух уровней: создание математического описания сложных технологических процессов и разработка программного обеспечения. Такой подход демонстрирует неразрывную связь между прикладной математикой и вычислительной техникой, позволяющий осуществить максимальное замещение операторского контроля электронными системами.

Математическое описание производства листового проката на широкополосном стане горячей прокатки 2500 (ШСГП) ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (ОАО «ММК») включил в себя следующие составляющие:

1. Описание изменения теплового профиля рабочих валков [1].
2. Определение текущего и прогнозирование возможного износа опорных валков [2].
3. Определение профилировок валков, их деформаций и нагрузок, а также поперечного профиля и плоскостности (геометрии) прокатанных полос [3].

В результате получили математическое описание в виде совокупности геометрических и силовых величин:

$$\begin{cases} \bar{y}_{P1} = \bar{y}'_{P1} + M_{A1} \cdot \left(\bar{z}_{P1} + Z_{\Pi} + \bar{y}_{P1} + \bar{y}_{O1}\right) + M_B \cdot \left(\bar{y}_{P1} + \bar{y}_{P2} - \bar{z}_{P1} - \bar{z}_{P2} - \delta\bar{H}\right); \\ \bar{y}_{P2} = \bar{y}'_{P2} + M_{A2} \cdot \left(\bar{z}_{P2} + Z_{\Pi} + \bar{y}_{P2} + \bar{y}_{O2}\right) + M_B \cdot \left(\bar{y}_{P1} + \bar{y}_{P2} - \bar{z}_{P1} - \bar{z}_{P2} - \delta\bar{H}\right); \\ \bar{y}_{O1} = \bar{y}'_{O1} + M_1 \cdot \left(\bar{z}_{P1} + Z_{\Pi} + \bar{y}_{P1} + \bar{y}_{O1}\right); \\ \bar{y}_{O2} = \bar{y}'_{O2} + M_2 \cdot \left(\bar{z}_{P2} + Z_{\Pi} + \bar{y}_{P2} + \bar{y}_{O2}\right); \\ \bar{p} = \dfrac{P}{b} \cdot \bar{1} - B \cdot \left(\bar{y}_{P1} + \bar{y}_{P2} - \bar{z}_{P1} - \bar{z}_{P2} - \delta\bar{H}\right); \\ \bar{q}_1 = \dfrac{P+F}{l} \cdot \bar{1} + A_1 \cdot \left(\bar{z}_{P1} + Z_{\Pi} + \bar{y}_{P1} + \bar{y}_{O1}\right); \\ \bar{q}_2 = \dfrac{P+F}{l} \cdot \bar{1} + A_2 \cdot \left(\bar{z}_{P2} + Z_{\Pi} + \bar{y}_{P2} + \bar{y}_{O2}\right); \\ \delta\bar{h} = \left[E - \dfrac{K_{\Э}}{K_C} A_B\right] \cdot \left(\bar{y}_{P1} + \bar{y}_{P2} - \bar{z}_{P1} - \bar{z}_{P2}\right) + \dfrac{K_{\Э}}{K_C} \cdot A_B \cdot \delta\bar{H}, \end{cases} \quad (1)$$

где l – половина длины бочки валков (нижнего/верхнего);

b– половина ширины прокатываемой полосы;

P – половина усилия прокатки;

F – регулирующая сила (усилие противоизгиба);

R – реакция нажимного винта (опорная реакция);

K_C – коэффициент упругой податливости рабочих валков;

$K_{\Э}$ – эффективный коэффициент податливости;

$\bar{y}_{O1}$ и $\bar{y}_{O2}$ – векторы прогибов опорных валков (верхнего/нижнего);

$\bar{y}_{P1}$ и $\bar{y}_{P2}$ – векторы прогибов рабочих валков (верхнего/нижнего);

$\bar{z}_{P1}$ и $\bar{z}_{P2}$ – векторы, задающие форму образующей рабочего валка, иначе, профилировки рабочих валков (верхнего/нижнего);

$\bar{q}_1$ и $\bar{q}_2$ – векторы межвалкового давления;

$\bar{p}$ – вектор погонного давления;

$\delta\bar{H}$ – вектор профиля входящей в клеть полосы;

$\delta\bar{h}$ – вектор профиля выходящей из клети полосы;

Z_{Π} – текущий вектор профиля прокатного валка, учитывающий его износ и температуру;

E и A_E – единичные матрицы;

$\bar{y}'_{P1}$ и $\bar{y}'_{P2}$ – составляющие прогибов верхнего и нижнего рабочих валков;

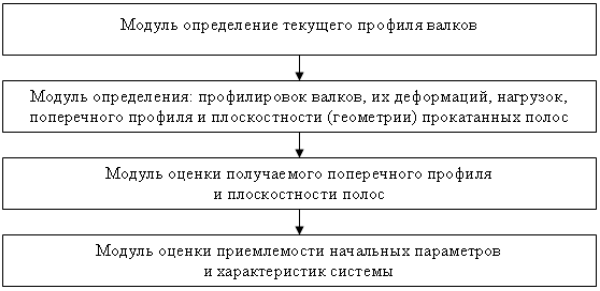
$\bar{y}'_{O1}$ и $\bar{y}'_{O2}$ – составляющие прогибов верхнего и нижнего опорных валков;

M_{A1}, M_{A2}, M_B, M_1 и M_2 – матричные множители, которые входят в выражения прогибов рабочих и опорных валков соответственно;

A_1, A_2 и B – матричные множители, представленные в виде единичных матриц разных порядков, которые диктуются полушириной полосы и полудлиной межвалкового контакта.

Первые четыре уравнения представленной системы (1) описывают деформации валков во взаимосвязи с основными геометрическими характеристиками – текущими профилировками валков и поперечной разнотолщинностью прокатываемой полосы на входе и выходе из клети. Уравнение прогиба каждого валка (первое и второе – для рабочих валков, верхний и нижний соответственно, третье и четвертое – аналогично, но для опорных валков) показывает также его зависимость в явном виде от прогибов соседних валков, с которыми данный находится в непосредственном контакте или взаимодействует через полосу. Следующие уравнения (пятое, шестое и седьмое) характеризуют распределения сплошных нагрузок, действующих на валки. Эти распределения зависят от деформаций и текущих профилей валков, а также от профиля прокатываемой полосы (последнее уравнение).

Проектирование алгоритма системы заключается в определении отдельных модулей, реализованных в качестве подпрограмм (см. рисунок).



Основные модули автоматизированной системы

Взаимодействие модулей было реализовано путем передачи необходимой информации из одной подсистемы в другую с учетом корректной и последовательной работы каждого составляющего. Ввод и вывод информации происходит в автоматическом режиме, а предоставление расчетных данных осуществили как в форме числового массива, так и в графическом виде.

Такой подход позволяет специалисту максимально быстро проанализировать все необходимые величины, что поможет принять решение о целесообразности тех или иных корректировок параметров. Результаты изменения настроек системы и основных характеристик сразу же отразятся на итоговых значениях, показав точность произведенных модификаций.

Заключение

Создание автоматизированной системы управления геометрией горячекатаного листа решает следующие задачи:

1. Адаптация комплексного математического описания (1) к условиям ШСГП 2500 горячей прокатки ОАО «ММК».
2. Высокая скорость расчетов, достигнутая в результате уменьшения количества обращений к внешним источникам для чтения и записи информации за счет своевременного удаления не нужных для расчета данных.
3. Специально ориентированный интерфейс, который позволяет не перегружать систему дополнительными программными модулями.
4. Автоматизация ввода необходимых для расчетов данных и справочников, причем предусмотрена возможность корректировки справочников во время работы программы.
5. Опробование и коррекция предлагаемых мероприятий в промышленных условиях, анализ эффективности их применения, внедрение в практику работы стана.

Список литературы

1. Математическая модель температурного профиля бочки рабочих валков листовых станов горячей прокатки и ее программная реализация / Ю.Б. Кухта, Л.Г. Егорова // Современные техника и технологии: сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. – Томск: ГОУ ВПО «ТПУ», 2008. – № 1. – С. 345 – 347.

2. Математическое описание износа опорных валков и его реализация в программном продукте / В.В. Галкин, В.М. Салганик, П.П. Полецков, Ю.Б. Кухта, Е.Ю. Кожушков // Сталь. – 2011. – №1. – С. 48 – 49.

3. Алгоритмы и программный продукт «Профиль 2500» для прогнозирования и оценки профиля, плоскостности горячекатаных полос и

состояния опорных валков стана 2500 горячей прокатки / В.М. Салганик, П.П. Полецков, Ю.Б. Кухта // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2008. – №7. – С. 50 – 54.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОДУВКИ МЕТАЛЛА ГАЗОПОРОШКОВОЙ СТРУЕЙ

В.А. Бигеев, А.В. Брусникова, Ф.Г. Ибрагимов

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл.,*
г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38,
v.bigeev@yandex.ru

Данная статья посвящена проблеме математического моделирования процесса десульфурации стали в ковше путем вдувания в ковш порошкообразных материалов. С помощью математического моделирования было доказано, что вдувание мелкодисперсных материалов существенно сокращает время обработки метла, а также создает экономический эффект. Также в статье приводятся результаты продувки металла на ККЦ ОАО «ММК», проведен анализ экспериментов.

ASPECTS OF MODELLING OF THE PURGE OF METAL A GAS STREAM WITH A POWDER

Given article is devoted a problem of mathematical modeling of process десульфурации to a steel in a ladle by inflation in a ladle of powdery materials. By means of mathematical modeling it has been proved that inflation of small fractions of materials essentially reduces time of processing a broom, and also creates economic benefit. Also in article results of a purge of metal on ККС Open Society "ММК" are resulted, the analysis of experiments is carried out.

Актуальность работы

В настоящее время остро встает проблема производства качественной трубной стали с содержание серы до 0,001 – 0,005%. Одним из основных звеньев производства, обеспечивающих качество металла является внепечная обработка стали.

До настоящего времени на ОАО «ММК» при получении таких сталей ковшовая обработка занимала очень много времени, иногда более 2х часов. Тогда проблемой становилась синхронизация работы в цехе.

Решением стало использование флюидизированной извести, которая за счет таких свойств как низкая гигроскопичность, высокая текучесть, обеспечивающая беспрепятственный проход по всем пневмотранспортным системам и магистралям, высокая реакционная способность в расплаве металла обеспечивает существенное сокращение времени десульфурации.

Основы математического моделирования

Все химические процессы, проходящие в ковше при продувке газопорошковой струей, происходят на границе раздела фаз. Поэтому важное значение приобретает поведение газовых пузырей в объеме металла. Важнейшим параметром при этом будет время пребывания газового пузыря в металле.

При погружении фурмы с дутьем газа, на срезе фурмы на глубине h образуются газовые пузыри различного радиуса.

Рассмотрим силы, действующие на газовый пузырь на глубине h (см. рис. 1).

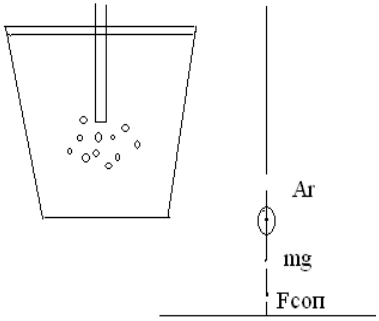


Рис. 1. Схема сил, действующих на газовые пузыри на глубине h

На рис. 1 введены обозначения: m_g – сила тяжести; A_r – сила Архимеда; $F_{сопр}$ – сила сопротивления (сила Стокса).

Запишем второй закон Ньютона для пузыря:

$$m \cdot a = A_r - m_g - F_{сопр}.$$

Произведя некоторые математические действия и преобразования, получили формулу для расчета времени всплытия газового пузыря:

$$t = h\sqrt{\frac{1{,}2}{8ag}},$$

где h – глубина погружения фурмы, м.; a – размер газового пузыря, мм; g – ускорение свободного падения, м/с^2;

Сделав расчет для глубины от 0 до 3 метров, получили следующую зависимость времени подъема газового пузыря от глубины погружения фурмы, приведенную на рис. 2. Как видно из графика, для всплытия частицы требуется небольшое количество времени, причем зависимость времени всплытия пузыря от глубины погружения фурмы имеет прямолинейно-возрастающий характер. Благодаря тому, что частица очень мала, за время подъема она успевает нагреться до температуры металла, провзаимодействовать с серой в металле и затем полностью усваивается шлаком.

Практические результаты

В ККЦ ОАО «ММК» процесс десульфурации ведется на пущенном в эксплуатацию в феврале 2010 г. АПК №2, особенностью которого является наличие специального устройства для инжектирования порошкообразных материалов в сталеразливочный ковш.

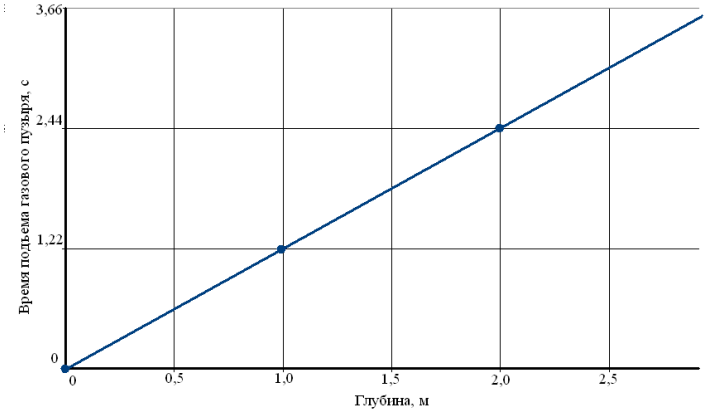


Рис. 2. Зависимость времени подъема газового пузыря, отяжеленного частицей CaO от глубины погружения фурмы

Была проведена статистическая обработка 32 плавок, проведенных с марта по май 2010 г. Сравнив степень десульфурации непосредственно от расхода флюидизированной извести и от расхода кусковой извести во время продувки и за время перед продувкой соответственно (рис. 3), видим, что для достижения сравнительно одинаковых значений степени десульфурации флюидизированной извести требуется меньше, чем кусковой.

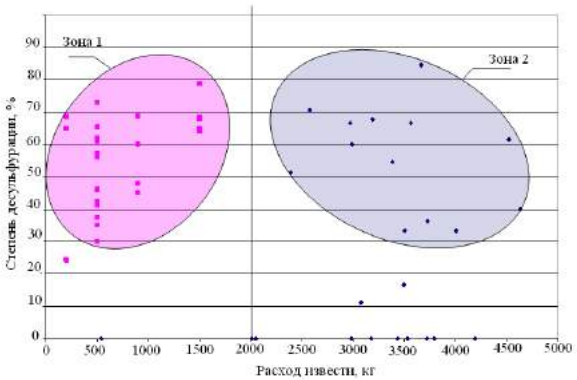


Рис. 3. Сравнительный анализ влияния расхода флюидизированной (зона 1) и кусковой извести (зона 2) на степень десульфурации во время различных периодов обработки

В зависимости от химического состава обрабатываемой стали все рассматриваемые плавки можно условно разделить на две группы: стали повышенной прочности (К56, К60), и углеродистую сталь. На рис. 4 приведены средние показатели степени десульфурации за время продувки металла определенными порциями флюидизированной извести различных групп марок сталей.

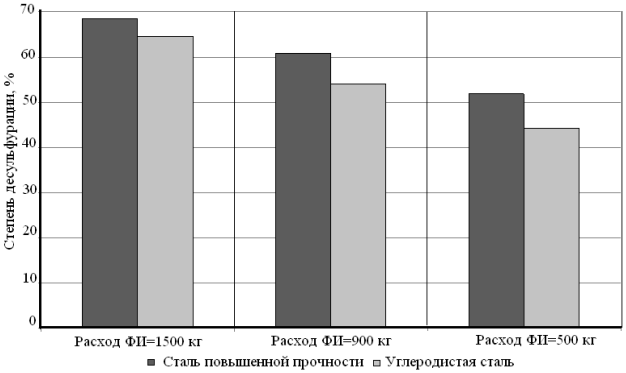


Рис. 4. Сравнительная оценка средних показателей десульфурации для различных групп марок сталей

Видно, что для всех марок сталей характерно следующее: с уменьшением расхода флюидизированной извести, что влечет за собой снижение содержание CaO в шлаке, снижается степень десульфурации. Если же анализировать степень десульфурации по группам марок сталей, то видно, что сера лучше удаляется в низкоуглеродистых сталях повышенной прочности. Это связано с уровнем окисленности металла: чем меньше кислорода в стали, тем больше удаляется серы в шлак.

Вдувание флюидизированной извести, несмотря на ее дороговизну, обладает неоспоримым преимуществом: её применение снижает время обработки металла, за счет чего повышается производительность агрегата, и позволяет достигнуть содержание серы в металле менее 0,002%.

Список литературы

1. Аэродинамика системы вдувания порошкообразных материалов в ковш / Ю.М. Кузнецов, Л.К. Шляпников, Е.С. Шур // Сталь. – 1987. – № 7. – С. 31 – 34.

2. Павленко В.Г. Основы механики жидкости. – Л.: Судостроение, 1988. – 240 с.

Работа представлена д. т. н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 25.04.2011.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЫЛЕЙ И ШЛАМОВ

В.А. Бигеев, А.В. Пантелеев, А.А. Черняев

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38,*
v.bigeev@yandex.ru

Данная статья посвящена проблеме математического моделирования процессов твердофазного восстановления, которые можно использовать для переработки металлургических отходов. С помощью математического моделирования можно выбрать наиболее подходящую для конкретных экономических условий технологию переработки шламов и пылей, а также оптимизировать режимы работы агрегатов твердофазного восстановления.

MATHEMATICAL SIMULATION OF METALLURGICAL DUST AND SLUDGE SOLID-PHASE DISOXIDATION

V.A. Bigeev, A.V. Panteleev, A.A. Chernyayev

This article is about mathematical simulation of solid-phase disoxidation processes that can be used for metallurgical wastes recycling. By means of mathematical simulation it is possible to choose a recycling technology that would be the most suitable for certain economic conditions. Moreover the simulation results can be used for optimizing operation modes of solid-phase disoxidation furnaces.

Актуальность работы

Актуальность проблемы переработки металлургических шламов и пыли обуславливается в первую очередь экологическими и экономическими причинами. Хранение шламов опасно из-за угрозы выветривания пыли, загрязнения грунтовых вод и почвы тяжелыми металлами и вредными соединениями. Кроме того за использование шламохранилищ уплачиваются большие штрафы, что ведет к повышению себестоимости металлопродукции и делает её менее привлекательной для потребителей. С другой стороны металлургические шламы и пыли можно рассматривать как ценный источник железа и цинка.

В настоящее время наиболее эффективным способом переработки цинксодержащих металлургических отходов является использование технологии бездоменного восстановления железа, в частности твердофазного восстановления [2–5].

Процессы твердофазного восстановления можно разделить по типу основного агрегата на следующие группы:

1) процессы восстановления в шахтной печи;
2) процессы восстановления в кипящем слое;
3) процессы восстановления во вращающихся трубчатых печах;
4) процессы восстановления в печах с вращающимся подом [1].

Наиболее подходящими для переработки шламов и пыли являются трубчатые и вращающиеся печи, потому что они позволяют перерабатывать сырье различное по химическому и фракционному составу, а также использовать в качестве топлива и восстановителя коксовую мелочь и уголь всех марок вплоть до лигнита [3].

Для оценки эффективности переработки цинксодержащих шламов с помощью твердофазного восстановления необходимо рассчитать технико-экономические параметры данной технологии. С этой целью была разработана математическая модель твердофазного восстановления, основанная на процессе восстановления железа и цинка твердым углеродом во вращающихся печах. Тем не менее, полученная модель с незначительными изменениями может быть также использована для расчета технико-экономических параметров процесса восстановления в печи с вращающимся подом.

В качестве исходных данных для модели задаются химический состав шламов, пыли, коксовой мелочи, используемой в качестве восстановителя, и природного газа, используемого в качестве топлива. Кроме этого задается степень необходимой металлизации, параметры печи (длина, диаметр, производительность), температура шихты, металлизованного продукта и образующихся в результате восстановления газов.

В ходе моделирования вычисляются:

1) химический состав и масса исходных окатышей, получаемых из шламов, пыли и коксовой мелочи;

2) химический состав и масса металлизованных окатышей, получаемых в результате восстановления;

3) химический состав и объем образующихся газов, в том числе количество уловленного цинка;

4) затраты тепла на нагрев шихты и протекание эндотермических реакций;

5) количество природного газа, необходимое для покрытия тепловых затрат.

Результаты расчетов представляются в виде материального и теплового балансов, рассчитанных по формулам (1) и (2) соответственно.

$$m_{исх.ок.} + m_{прир.г.} + m_{O_2} = m_{мет.ок.} + m_{Zn} + m_{обр.г.}, \qquad (1)$$

где $m_{исх.ок.}$ – масса исходных окатышей, кг; m_{O_2} – масса кислорода для

сжигания природного газа, кг; $m_{прир.г.}$ – масса природного газа, используемого в качестве источника тепла, кг; $m_{мет.ок.}$ – масса металлизованных окатышей, получаемых в результате процесса восстановления, кг; m_{Zn} – масса уловленного цинка, кг; $m_{обр.г.}$ – масса образующихся газов, кг.

$$Q_{шихты} + Q_{сгор.прир.г.} + Q_{сгор.S} = Q_{нагрев\ ок.} + Q_{исп.влаги} + Q_{вос.Fe} + Q_{пот.корп.печи} + Q_{пот.прод.сгор.} + Q_{пот.отх.газ.} + Q_{вос.Zn} + + Q_{пот.Zn} + Q_{вос.Mn}, \quad (2)$$

где $Q_{шихты}$ – тепло вносимое с шихтой, кДж; $Q_{сгор.прир.г.}$ – тепло от сгорания природного газа, кДж; $Q_{сгорS}$ – тепло от сгорания серы, кДж; $Q_{нагревок.}$ – тепло на нагрев окатышей, кДж; $Q_{испвлаги}$ – тепло на испарение влаги, кДж; $Q_{вос.Fe}$ – тепло на восстановление железа, кДж; $Q_{потпродсгор.}$ – потери тепла с отходящими продуктами сгорания углеводородов, кДж; $Q_{поткорппечи}$ – потери тепла корпусом печи, кДж; $Q_{пот.отх.газ.}$ – потери тепла с отходящими газами, кДж; $Q_{вос.Zn}$ – тепло на восстановление цинка, кДж; $Q_{потZn}$ – потери тепла с уловленным цинком, кДж; $Q_{вос.Mn}$ – тепло на восстановление марганца, кДж.

Результаты расчета

Для того чтобы проверить правильность модели, а также для исследования процесса твердофазного восстановления, было проведено несколько расчетов. Расчеты велись на 100 кг исходных окатышей. В качестве примера в табл. 1 приведен химический состав исходных окатышей, которые необходимо восстановить до степени металлизации 98 %.

Таблица 1

Состав исходных окатышей, %

Fe об	Fe мет	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	ZnO	C	H_2O	Сумма
38	0	1,57	52,54	3,44	0,51	5,08	1,1	2,31	13,11	16,1	4,24	100

Другие параметры модели указаны в табл. 2.

В табл.3 представлены рассчитанные данные о химическом составе металлизованных окатышей.

В табл. 4 представлен полученный в результате расчета материальный баланс.

В табл.5 показан рассчитанный тепловой баланс процесса твердофазного восстановления.

Таблица 2

Параметры модели, %

Название параметра	Значение
Температура исходных окатышей, °С	25
Температура металлизованных окатышей, °С	1130
Температура отходящих газов, °С	950
Длина вращающейся печи, м	18
Диаметр вращающейся печи, м	1,8

Таблица 3

Состав металлизованных окатышей, %

Fe об	Fe мет	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	ZnO	Mn	MnO	C	Сумма
71,52	70,09	0,95	0,99	6,48	0,96	9,57	2,07	0	2,35	1,3	5,24	100

Таблица 4

Материальный баланс

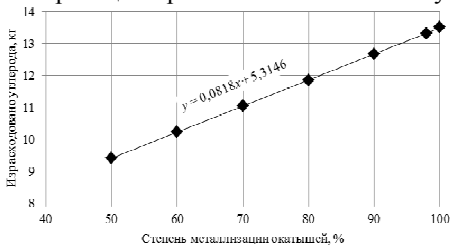
Поступило в печь, кг		Получилось продуктов, кг	
Исходные окатыши	100	Металлизованые окатышей	53,13
Природный газ	6,93	Цинк	10,52
Кислород для сжигания природного газа	27,52	Газы, полученные в результате восстановления	36,35
		Газы, полученные в результате сгорания углеводородов	34,45
Итого:	134,45	Итого:	134,45

Таблица 5

Тепловой баланс

Приход тепла, кДж		*Расход тепла, кДж*	
С шихтой	2616,75	На нагрев окатышей	58990,50
Тепло от сгорания углеводородов	334147,25	На испарение влаги	9562,23
Тепло от сгорания серы	0,00	На восстановление железа	155459,17
		Потери тепла корпусом печи	1017,88
		Потери тепла с газами	73683,78
		На восстановление цинка	27421,30
		Потери с цинком	4444,10
		На восстановление марганца	6185,04
Итого:	336764,00	Итого:	336764,00

На рисунке изображена зависимость расхода углерода на восстановление от степени металлизации окатышей. Линейность зависимости объясняется в первую очередь недостатком кислорода в реакционной зоне, что ведет к преобладанию реакций прямого восстановления углеродом [3].



Зависимость расхода углерода на восстановление от степени металлизации окатышей.

Заключение

Полученную модель впоследствии планируется использовать для расчетов технико-экономических показателей не только процессов твердофазного восстановления, но и комбинированных процессов. В результате математическая модель твердофазного восстановления создает предпосылки для определения основных технологических параметров при проектировании агрегатов по переработке пыли и шламов, а также для определения режимов их работы и выбора наиболее подходящей технологии в каждом конкретном случае.

Список литературы

1. Состояние и перспективы бездоменной металлургии железа / И.Ф. Курунов, Н.А. Савчук. – М.: Черметинформация, 2002. – 198 с.

2. Новые процессы получения металла (металлургия железа): учебник для вузов. / Ю.С. Юсфин, А.А. Гиммельфарб, Н.Ф. Пашков. – М.: «Металлургия», 1994. – 320 с.

3. Металлургия железа: учебник для вузов / Ю.С. Юсфин, Н.Ф. Пашков. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464 с.: ил.

4. Металлизация доменных шламов / Б.А. Никифоров, В.А. Бигеев, С.К. Сибагатуллин, А.В. Пантелеев // Вестник МГТУ им. Г.И.Носова. – 2005. – № 3. – С. 23 – 25.

5. Исследования жидкофазного восстановления южноуральских титаномагнетитов. / В. А. Бигеев, А.Н. Бурдюков, А.В. Пантелеев // Вестник МГТУ им. Г.И.Носова. – 2005. – № 4. – С.11 – 12.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 25.04.2011.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В ДСП, С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАЛЛИЗОВАННОГО СЫРЬЯ

В.А. Бигеев, А.В. Федянин, А.Е. Малафеев

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Россия, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38,

v.bigeev@yandex.ru

В условиях дефицита лома, предприятия вынуждены частично заменять данный вид сырья альтернативными шихтовыми материалами. Математическое моделирование позволяет оценить возможности использования конкретного вида сырья для выплавки стали и дать предварительные данные по основным технологическим параметрам процесса.

MODELING OF TECHNOLOGY OF MELT OF A STEEL IN THE ARC FURNACE, WITH APPLICATION OF THE METALLIZED RAW MATERIALS

In the conditions of deficiency of a breakage, the enterprise are compelled to replace partially the given kind of raw materials alternative шихтовыми with materials. Mathematical modeling allows to estimate possibilities of use of a concrete kind of raw materials for melt of a steel and to give the preliminary data on the basic technological parameters of process.

Актуальность работы

Выплавка стали в дуговых электропечах в настоящее время получает все большее распространение, о чем свидетельствует динамичный рост производства электростали.

Рост производства требует большого количества лома черных металлов, являющегося основным сырьем для выплавки стали в электропечах, что приводит к его дефициту. В 2008 году мировой дефицит лома составил 35 млн т. Для России ситуация усугубляется достаточно высоким уровнем экспорта лома черных металлов, составляющего порядка 15 млн т в год.

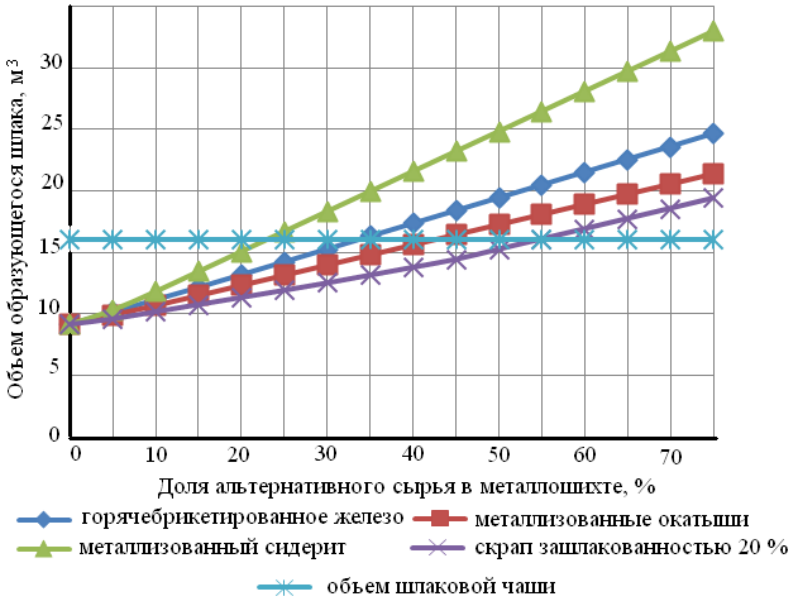
Дефицит лома на предприятии ведет к снижению производства, следовательно, росту себестоимости стали и снижению экономической выгоды. Для ликвидации дефицита, лом может быть частично заменен чугуном, металлизованным сырьем, скрапом. Металлизованное сырье – продукт низкотемпературного, безкоксового восстановления железорудного сырья, например, металлизованные окатыши или горячебрикетированное железо (ГБЖ). Скрап – металлический материал, извлеченный из сталеплавильных шлаков при их переработке. Однако, замена лома альтернативным сырьем имеет некоторые негативные факторы, такие как

увеличение шлакообразования, расхода электроэнергии, расхода извести и т. д. Для оценки возможности замены лома и расчета основных технологических показателей используется математическое моделирование выплавки стали.

Модель технологии выплавки стали в ДСП

Одним из лимитирующих факторов замены лома альтернативным сырьем является повышенное шлакообразование, ввиду того что объем образующегося шлака может значительно превышать размеры установленной шлаковой чаши. Математическое моделирование позволяет рассчитать объем образующегося шлака и оценить возможности использования данного вида сырья в металлошихте.

В ЭСПЦ ОАО ММК установлены две печи ДСП-180, оснащенные шлаковыми чашами объемом 16 м^3. На рисунке представлен график изменения объема шлака.



Зависимость выхода шлака от доли альтернативного сырья в шихте

Для исследований были выбраны следующие варианты шихты:

1) горячебрикетированное железо производства ОАО «Лебединский ГОК» – лом – 25 % чугун;

2) концентрат мокрой магнитной сепарации сидеритов Бакальского месторождения – лом – 25 % чугун;

3) скрап – лом – 25 % чугун;

4) металлизованные окатыши Оскольского месторождения – лом – 25 % чугун.

Как видно из представленного графика, математическое моделирование позволяет оценить возможности применения различных видов альтернативного сырья.

Помимо определения выхода шлака математическое моделирование позволяет так же рассчитать основные технологические показатели, такие как расход электроэнергии, расход извести, расход кислорода. Данные параметры, рассчитанные для печи ДСП-180 ОАО ММК, представлены в таблице.

Технологические показатели выплавки стали в ДСП-180 с применением различных видов альтернативного сырья

Альтернативное сырье	Доля альтернативного сырья в металлошихте, %						
	0	5	10	15	20	25	30
	Расход электроэнергии КВт*ч/т						
ГБЖ	226,8	238,1	246,6	251,3	257,0	264,6	270,3
Металлизованные окатыши	226,8	238,1	246,5	251,2	256,9	264,4	270,0
Сидеритовый концентрат	226,8	236,0	243,4	247,1	251,7	258,2	262,9
Скрап	226,6	243,8	257,2	268,2	279,7	292,8	303,0
	Расход кислорода, $м^3/т$						
ГБЖ	33,98	34,52	34,94	35,19	35,48	35,86	36,15
Металлизованные окатыши	33,98	34,75	35,40	35,88	36,40	37,01	37,53
Сидеритовый концентрат	33,98	34,41	34,72	34,85	35,03	35,29	35,47
Скрап	33,98	33,28	32,46	31,47	30,52	29,65	28,70
	Расход извести, кг/т						
ГБЖ	16,17	19,40	22,63	25,85	28,66	31,37	34,08
Металлизованные окатыши	16,17	18,62	21,06	22,93	24,64	26,34	28,05
Сидеритовый концентрат	16,17	27,47	34,18	39,47	44,76	50,05	55,34
Скрап	16,17	15,63	13,48	11,31	9,14	6,97	4,95

Полученные путем математического моделирования результаты были сопоставлены с реальными результатами производства стали и сделан вывод о достаточно высокой точности полученных результатов.

Помимо прогнозирования возможности использования металлизованного сырья, математическое моделирование дает возможность определить, как повлияет изменение химического состава альтернативного сырья на технологические показатели процесса выплавки стали.

Основные выводы

В условиях роста потребления стали и дефицита лома, предприятия вынуждены заменять лом альтернативным сырьем для сохранения производственных мощностей. Использование математического моделирования технологии плавки в ДСП, с применением альтернативного сырья позволяет определить максимальную долю данного вида сырья в процессе выплавки стали, получить предварительные данные о расходе электроэнергии, кислород, извести и т.д. Помимо этого математическое моделирование позволяет определить влияние изменения химического состава альтернативного сырья на ход выплавки стали.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук м. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.
Дата представления работы: 25.04.2011.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И СИГНАЛОВ

Лучше один раз увидеть, чем тысячу раз услышать.
Пословица

Контролер все это время внимательно ее разглядывал – сначала в телескоп, потом в микроскоп и, наконец, в театральный бинокль.
Льюис Кэррол

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ*

В.В. Павлов, И.И. Мацко, О.С. Логунова

ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, ул. Кирова, д. 70*
pavlov.w@mmk.ru
ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*
logunova66@mail.ru

В настоящее время сложилось научное направление по распознаванию изображений в металлургической промышленности. Появились предпосылки построения и использования таких систем в новых направлениях: оценка макроструктуры и гранулометрия в металлургии. Возникает проблема прямого взаимодействия программного обеспечения внешних устройств и ЭВМ при получении изображений. Автоматизированная обработка изображений позволяет снизить влияние человеческого фактора на результат оценки.

PERSPECTIVE DIRECTION USE OF THE THEORY OF RECOGNITION OF IMAGES IN IRON AND STEEL INDUSTRY

V.V. Pavlov, I.I. Matsko, O.S. Logunova

Image recognition in metallurgy scientific school has ended formation now. Preconditions of creation and usage of such systems in new ways have appeared: an estimation of a macrostructure and grade analysis in metallurgy. Problem of external devices' and computers' software interoperations becomes evident. Automated image processing allows to decrease human factor's effect on images' estimation.

Актуальность исследований

В настоящее время выполнена классификация отраслей экономики по степени технологичности: высокотехнологичные, среднетехнологичные и низкотехнологичные. Высокотехнологичными отраслями (производствами) считаются отрасли, результатом которых является продукция со значительной добавленной стоимостью (4,5 – 5 %), полученной за счет применения достижений науки, технологий и техники, характеризую-

* Работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009 – 2013 гг.

щаяся высокой долей внутренних затрат на исследования и разработки в стоимостном объеме производства такой продукции. Металлургическое производство относится к группе отраслей с низким уровнем инновационной активности и низкой технологичности. Однако и в этой отрасли эксплуатируются приборы и программное обеспечение для промышленных систем управления, которые требуют активных инновационных разработок.

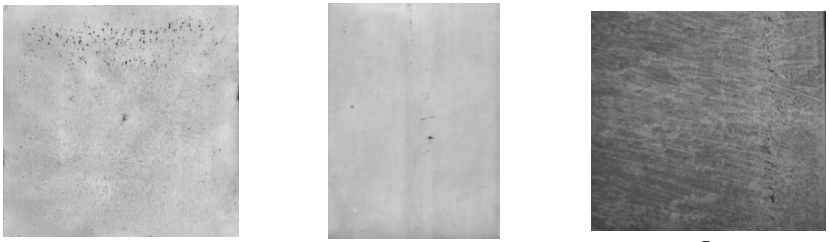
Характеристика перспективных направлений

За последние 15–20 лет сложилось и укрепилось направление цифровой микроскопии, которая находит свое применение в различных областях [1–5]. Цифровая микроскопия использует методы и методики распознавания изображений. В металлургической отрасли это направление развивается для металлографических исследований [2, 5] и в меньшей степени для проблем, решение которых может быть построено на схожих алгоритмах. Примеры таких направлений научного исследования в металлургической промышленности, требующих разработки систем автоматизированного распознавания изображений, приведены в таблице.

Направления научного исследования в металлургической промышленности, требующие разработки систем автоматизированного распознавания изображений

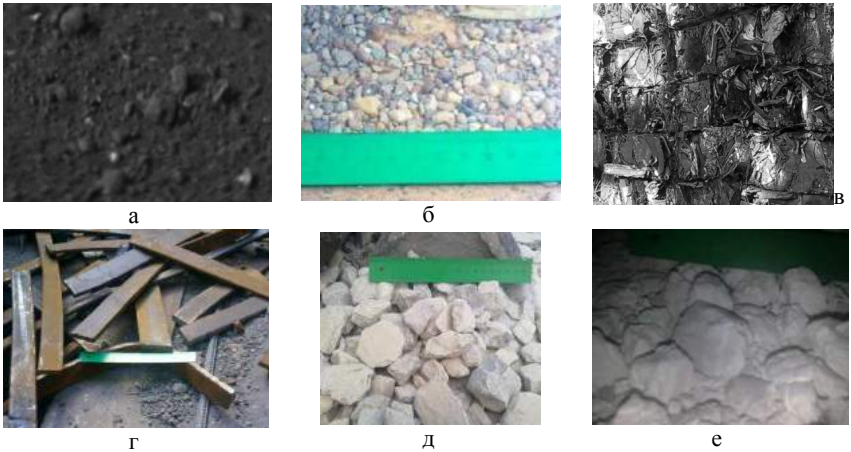
№	*Направление*	*Исходные данные*	*Результат*
1	Оценка макроструктуры полуфабрикатов – непрерывнолитых заготовок любого сечения	Серные отпечатки и фотографии поперечных темплетов (рис. 1)	Эргатические модули автоматизированной системы управления машин непрерывного литья заготовок для организации обратной информационной связи
2	Оценка фракционности сырья, подаваемого в металлургические агрегаты	Фотографии и видео кадры насыпных материалов (рис. 2)	Эргатические модули автоматизированной системы управления подачей сырья в агрегаты

Особенностями изображений, предоставляемых для оценки (см. рис. 1 и 2), являются: неопределенность формы распознаваемых объектов; случайное место расположения объектов; количественная множественность объектов, подлежащих распознаванию; контрастность изображений имеет различный диапазон; высокая зашумленность получаемых изображений.



а б в

Рис.1. Примеры графической информации, получаемой при оценке качества непрерывно-литой заготовки: а – серный отпечаток темплета непрерывно-литой заготовки квадратного сечения; б – фрагмент серного отпечатка темплета непрерывно-литой заготовки прямоугольного сечения; в – фотография темплета непрерывно-литой заготовки квадратной



а б в г д е

Рис. 2. Фрагменты видеокадров сырья для металлургических агрегатов: а – видеокадр крупной фракции измельчения рудных материалов; б – фотография магнезита MgO для ДСП; в – фрагмент фотографии брикетированного металлолома для дуговой электросталеплавильной печи (ДСП); г – фрагмент фотографии насыпного металлолома для ДСП; д – фрагмент фотографии известняка $CaCO3 \cdot MgCO3$ для ДСП; е – фрагмент фотографии металлургической извести CaO

Проблемы получения изображений с внешних устройств

Развитие этих направлений требует решения двух проблем: получения изображений с помощью внешних устройств (рис. 3) и построения комбинированных методик распознавания изображений, сочетающих в себе методы морфологического анализа, принятия решения на основе нечетких множеств, нейросетевой классификации и т.п.

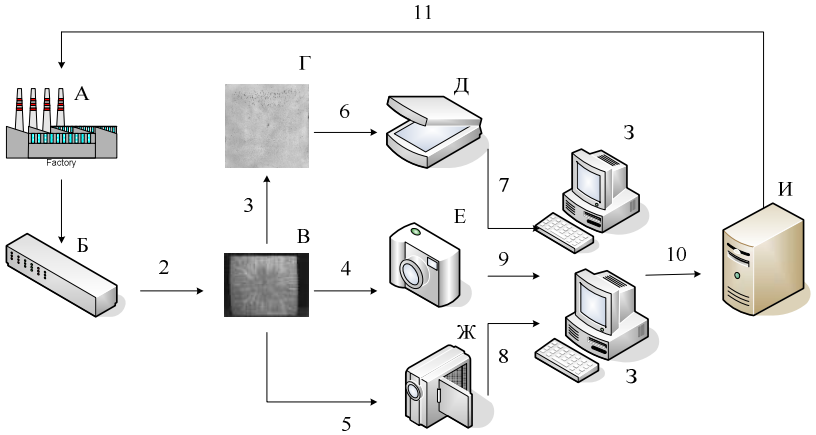


Рис. 3. Схема сбора информации о качестве заготовки при использовании внешних устройств компьютерного зрения

На рис. 3 введены обозначения объектов: А – промышленные цеха по производству непрерывно-литой заготовки; Б – непрерывно-литая заготовка; В – темплет (образец); Г – серный отпечаток; Д – сканер; Е – фотоаппарат; Ж – видеокамера; З – автоматизированные рабочие места технологов; И – сервер для сбора данных о технологических процессах.

На рис. 3 введены обозначения процессов: 1 – выпуск производственными цехами непрерывно-литой заготовки; 2 – отбор темплета для оценки качества заготовки; 3 – изготовление серного отпечатка; 4 – фотографирование темплета; 5 – видеосъемка темплета; 6 – сканирование серного отпечатка; 7, 8, 9 – передача изображения на автоматизированное рабочее место технолога; 10 – передача информации о качестве плавки на сервер сбора данных; 11 – передача управленческих решений на производственные участки.

Включение в промышленную систему управления непрерывной разливки стали информации о качестве макроструктуры заготовки позволяет построить рекомендации по выбору режимов охлаждения в реальном времени при разливке одной серии.

Аналогичным образом строится схема сбора информации для гранулометрических исследований при подаче шихтовых материалов в электросталеплавильные и доменные печи.

Заключение

Таким образом, можно определить два перспективных направления применения систем автоматизированного распознавания изображений в металлургической промышленности: распространение разработок микроскопии на оценку макроструктуры образцов и построение грануло-

метрических систем для оценки фракции шихтовых материалов для металлургических печей. Использование технологии компьютерного зрения позволяет непосредственно получать информацию от объекта исследования, минуя стадию традиционной технологии, основанной на непосредственном визуальном осмотре. Развитие эргатических модулей для автоматизированных систем управления на основе компьютерного зрения в металлургической промышленности открывает новые возможности в методах повышения полноты и достоверности экспертной оценки, используемой в принятии решений, за счет снижения доли человеческого фактора.

Список литературы

1. Алгоритм восстановления границ паркетных структур / Д.М. Алевский [и др.] // Вестник УГТУ – УПИ. Цифровая микроскопия. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ – УПИ», 2005. – № 10. – С. 7 – 12.

2. Опыт использования методов цифровой микроскопии при проведении металлографических исследований / И.Н. Веселов [и др.] // Вестник УГТУ – УПИ. Цифровая микроскопия. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ – УПИ», 2005. – № 10. – С. 41 – 48.

3. Морфологическое исследование наночастиц средствами анализа изображений / И.В. Антонов [и др.] // Вестник УГТУ – УПИ. Цифровая микроскопия. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2005. – № 10. – С. 63 – 68.

4. Структурная адаптация мезофилла листа к затенению / Л.А. Иванова, В.И. Пьянков // Физиология растений. – 2002. – Т. 49. – № 3. – С. 467 – 480.

5. Применение цифровых средств обработки изображений для изучения макро– и микроструктуры агломерата // С.В. Проданов, Е.В. Проданов // Вестник УГТУ – УПИ. Цифровая микроскопия. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ – УПИ», 2005. – № 10. – С. 121 – 122.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 13.04.2011.

СИСТЕМА ОЦИФРОВКИ ГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Э.Н. Шарапова, В.Л. Дмитриев

ГОУ ВПО «Стерлитамакская государственная педагогическая академия им. Зайнаб Биишевой»,
***Россия**, Республика Башкортостан, 453103, г. Стерлитамак, пр. Ленина, д. 37*
sspa@sspa.bashtel.ru

В работе предложен вариант разработки системы распознавания и оцифровки графической информации. Подобные системы широко применяются при оцифровке различного рода экспериментальных кривых, полученных, например, самописцами или другими устройствами, а также при необходимости получить числовые данные на основе приведенных в литературе графических зависимостей. Разработанная система позволяет в большинстве случаев производить оцифровку графиков в автоматическом режиме.

SYSTEM OF DIGITIZATION OF GRAPHIC DATA

E.N. Sharapova, V.L. Dmitriev

In operation the variant of creation of system of recognition and graphic information digitization is offered. Similar systems are widely applied at any digitization of the experimental curves received, for example, by recorder or other devices, and also if needed to receive numeric data on the basis of the graphic dependences resulted in the literature. The developed system allows producing in most cases digitization of graphic dependences in an automatic mode.

Актуальность работы

На практике постоянно возникают задачи анализа и интерпретации графических данных. Необходимо сравнивать новые данные с опубликованными, оценивать влияние измеренных параметров, чтобы понять, в каком направлении двигаться дальше. К примеру, в справочной и научно-технической литературе приводятся графические зависимости, описывающие тот или иной процесс, однако не приводятся сами функциональные зависимости, по которым строились графики. Использовать такие данные не всегда удобно. В связи с этим становится актуальной проблема оцифровки графической информации, опубликованной в журнальных статьях и других изданиях.

Для решения задач оцифровки графических данных в настоящее время существует достаточно большое количество прикладных программ (AlGraph, FindGraph, XRay Graphics, SmartScan, Graph2Digit, Graph Digitizer, GetData Graph Digitizer, Post Graph Editor, пакеты СОГ, Didger, MathCAD). Обычно отсканированный электронный вариант изображения требует последующей доработки, связанной с необходимостью его пово-

рота. В отдельных случаях может потребоваться более трудоемкая работа по доработке – стирание отдельных точек, линий, надписей и т.д. (например, при оцифровке в пакете MathCAD).

Цель работы

Целью данной работы является создание программы, которая сводит к минимуму работу пользователя по поиску кривой (следовательно, сводит к минимуму влияние человеческого фактора на верность оцифровки), предоставление как можно более точных данных, добавление некоторых возможностей по сравнению с существующими аналогами.

Задачи

Для достижения заявленных целей были реализованы следующие алгоритмы:

1. Поиск точек фона (определение цвета точек фона).
2. Поиск точек сетки и определение угла наклона осей графика, а значит, и самого изображения.
3. Поиск ненужных фрагментов изображения и их удаление.
4. Поиск точек кривой.
5. Алгоритм, выдающий вектора данных по определенным точкам графика и шагу оцифровки.

Результаты решения задачи

Авторами разработан вариант программы по оцифровке графической информации, в которой реализованы автоматическая и полуавтоматическая (поиск в области) оцифровки.

Автоматическая оцифровка включает в себя следующие основные этапы:

1. Поиск точек фона.
2. Определение угла поворота графика и его поворот таким образом, чтобы одна из осей была строго горизонтальной.
3. Стирание ненужных фрагментов, линии сетки, линии-сноски, шкалы осей координат и некоторых других элементов графиков.
4. Поиск фрагментов графика (после удаления сетки график может быть разбит на куски). Восстановление до полной кривой происходит за счет «наращивания» куска графика в месте разрыва.
5. Привязка к координатам графика, определение шага оцифровки.
6. Создание таблицы оцифрованных данных.

Как видно из вышеперечисленных этапов, пользователю нет необходимости указывать на точки графика, указывать область, содержащую график и т.д. Программа сама осуществляет поиск точек кривой. Для этого достаточно задать масштабирование (привязка к координатам графика) и шаг оцифровки.

Автоматический режим гарантирует верный поиск кривой в том

случае, если исходное изображение будет отвечать следующим 3 основным требованиям:

- фон представлен точками одного цвета (т.е. не должно быть, к примеру, градиентной заливки). Если же сноски и надписи представлены на фоне одного цвета, а фон за графиком – другим цветом, то последний должен составлять не менее 80% всего фона;
- изображение содержит только один график;
- график представляет собой сплошную кривую.

При невыполнении последних двух условий, к примеру, если кривая представлена пунктирными линиями или изображение содержит несколько кривых, то можно воспользоваться полуавтоматический режимом: достаточно выделить область, содержащую один из этих графиков, и программа распознает указанную кривую. Результаты оцифровки заносятся в таблицу, каждую из которых можно записать в отдельный файл (текстовый или таблицу Excel).

Программа поддерживает ряд дополнительных операций, например возможность обрезки изображения, его редактирование. Планируется добавление возможности работы с несколькими разновидностями координатных систем, а также автоматической оцифровки для изображений с неравномерными шкалами координат.

Чтобы продемонстрировать работу программы, рассмотрим следующие примеры.

Пример I. Автоматическая оцифровка

После того как изображение было загружено (рис. 1), создается основное вспомогательное изображение, состоящее из точек фона и остальных «подозрительных» на точки графика объектов (вся остальная работа по распознаванию графика будет происходить именно со вспомогательным графиком). Затем распознаются линии сетки и угол наклона графика. Далее необходим автоматический поворот, это произойдет после нажатия на соответствующую кнопку. После этого одна из осей будет строго горизонтальна (рис. 2). Следующим шагом необходимо указать на положение координатных осей (предварительно нажав на кнопку «Показать оси»). На последующем этапе нужно указать шаг оцифровки, если шаг, установленный программой автоматически, не устроит. Затем программа сама находит точки графика. При необходимости осуществляется восстановление до полной кривой, это происходит, как говорилось выше, за счет «наращивания» куска графика в месте разрыва. В данном случае именно этот процесс и реализовывается.

Если шаг, указанный пользователем, окажется меньше шага, установленного программой автоматически, то программой осуществляется линейная аппроксимация (график между двумя используемыми точками кривой заменяется на прямую, проходящую через эти точки). Точность

вывода результатов в таблицу (количество десятичных знаков после запятой) может устанавливаться пользователем (рис. 3).

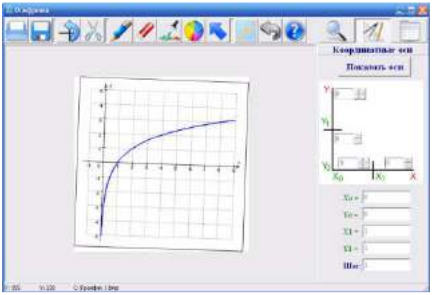


Рис. 1. Исходное изображение

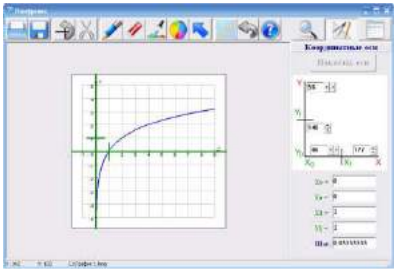


Рис.2. Поворот графика

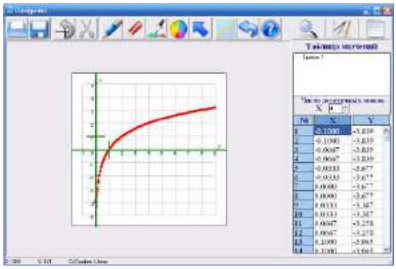


Рис.3. Результат работы программы

Затем, при необходимости, сохраняем таблицу, состоящую из векторов X и Y в таблицу Excel или же в текстовый документ для дальнейшего анализа полученных данных.

Пример 2. Полуавтоматическая оцифровка (поиск в области)

В качестве примера рассмотрим график, отражающий влияние скорости воды и ее температуры на удельное гидравлическое сопротивление в некоем фильтрующем материале, через который прокачивают воду.

На первом этапе также происходит поиск угла наклона исходного изображения (рис. 4) и осуществляется его поворот. Далее убираются из распознавания линии сетки, надписи над кривыми и комментарии. После устанавливаются координатные оси, происходит привязка к координатам графика, определяется шаг оцифровки.

Затем, вызвав контекстное меню «Выделить область графика», устанавливаем толщину выделения и выделяем нужную кривую (рис. 5). При этом для наглядности и удобства пользователя использовано инвертирование цветов, чтобы не происходило «затирание» линии. Кнопка «Оцифровка» показывает результат – таблицу с полученными данными. Если резуль-

тат оцифровки не устраивает (область выделена не совсем удачно), есть возможность отменить последнее выделение и проделать все заново. Если изображение некачественное (в результате сканирования были утеряны части кривой, к примеру), то можно воспользоваться карандашом или ластиком, а затем уже произвести оцифровку. Для более точного определения цвета можно воспользоваться инструментом «Пипетка».

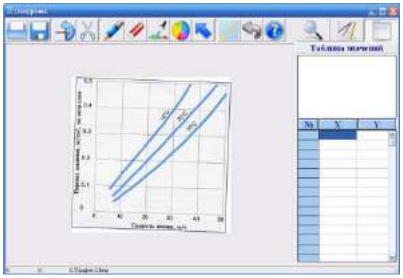


Рис. 4. Исходное изображение

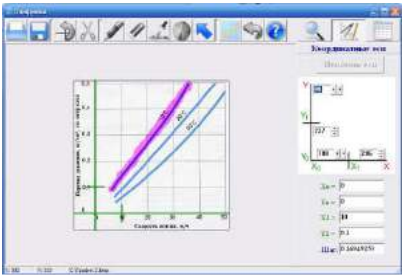


Рис. 5. Выделение области

На рис. 6 продемонстрирована работа программы по оцифровке выделенной кривой. Аналогичным образом, выделив область, содержащую вторую и третью кривую, получим еще две таблицы с оцифрованными данными.

К каждой кривой можно обратиться, переходя к соответствующей ветке на дереве графиков (рис. 7). При этом точки указанной линии будут закрашены в желтый цвет. Для того чтобы просмотреть, какие именно точки были взяты на графике, можно воспользоваться инструментом «Лупа».

Все полученные данные также можно сохранить для дальнейшей обработки. Причем каждую из таблиц в отдельный файл.

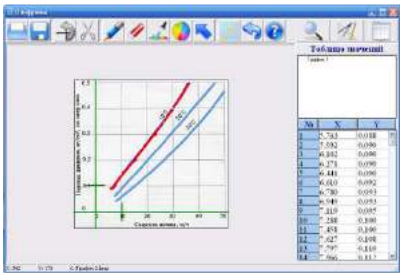


Рис. 6. Результат оцифровки

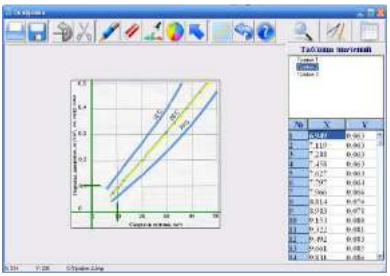


Рис. 7. Результат оцифровки первой кривой второй кривой

Заключение

Для реализации определения цвета точек фона и дальнейшего исключения их из рассмотрения была использована аддитивная цветовая модель RGB. Каждая точка графика была отнесена к одной группе. В одной группе оказывались точки, соответствующие оттенки которых отличались от эталона цвета группы не больше определенной константы. Константа находилась экспериментально. Далее определялась группа с наибольшим количеством элементов (очевидно, эталон цвета данной группы и определяет цвет фона изображения).

Поиск угла наклона графика определялся после того, как были найдены линии сетки (последние находились перебором возможного угла наклона осей).

Для реализации поиска точек графика было использовано так называемое правило «Правой руки». Оно применяется для поиска роботом выхода из лабиринта (роботу все время необходимо двигаться «держась» правой стенки). В нашем же случае оно используется для «окружения» кусков графика точками и дальнейшего их «наращивания».

При тестировании программы в большей части случаев получаются хорошие результаты оцифровки и не требуется дополнительно вручную прорабатывать изображение.

Работа представлена заведующим кафедрой информатики и вычислительной техники Стерлитамакской государственной педагогической академии им. Зайнаб Биишевой, к. ф.-м. н. Хусаиновым И.Г.

Дата представления работы: 15.04.2011.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МНОГОМЕРНЫХ ГИСТОГРАММ К ЗАДАЧЕ НАВИГАЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ

М.И. Гармаш

ГОУ ВПО «Оренбургский государственный педагогический университет»,

***Россия**, 460844, Оренбургская обл., г. Оренбург, ул. Советская, д. 19*

max.garmash@gmail.com

Одной из существенных проблем теории компьютерного зрения является автоматизированное распознавание образов, частным случаем которой является задача определения местонахождения в условиях закрытого помещения. В статье описан один из вариантов решения данной задачи.

ON USING MULTIDIMENSIONAL HISTOGRAMS FOR INDOOR NAVIGATION

M.I. Garmash

Automated object recognition is one of the major computer vision problems. Navigation in indoor environment is a special case of this problem. One of the methods for solving such problems is discussed in this article.

Актуальность работы

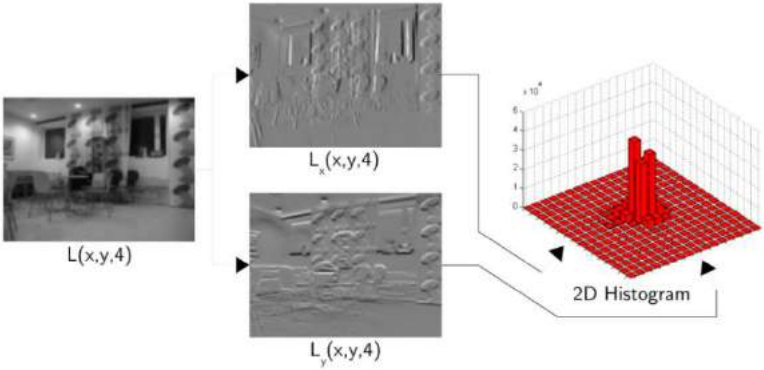
В современных условиях человеку все чаще и чаще приходится сталкиваться с проблемами навигации в помещениях. Незнакомые здания, поиск нужного отдела в гипермаркете, ориентирование в метро незнакомого города – все это примеры ситуаций, когда ориентирование человека затруднено. Проблема позиционирования в помещении обретает особую актуальность при разработке мобильных роботов. Необходимо отметить, что задача позиционирования, как правило, осложнена полной или частичной неработоспособностью привычных систем навигации типа GPS/ГЛОНАСС.

Формально определение местоположения является типичной задачей классификации. Подобные проблемы достаточно хорошо изучены и имеют стандартные подходы к решению. Однако их существенной особенностью является сложность выделения признаков для классификации. Подбор существенных и устойчивых признаков является одной из центральных проблем в компьютерном зрении. В частности, предполагается производить такой подбор исходя из условий решаемой задачи. Рассмотрим некоторые особенности задачи определения местоположения:

1. Данные могут поступать с искажениями:
   a) освещение;
   b) повороты камеры и объекта (ракурсные искажения);
   c) изменения масштаба;
   d) появление/исчезновение/перекрытия объектов в сцене;
   e) погрешности сенсора (шум).
2. Распознавание должно происходить быстро (близко к реальному времени).
3. Вычислительные ресурсы ограничены.
4. Большое количество классов.

Метод CRFH (composed receptive field histograms)

Исходя из вышеописанных ограничений можно сделать вывод о том, что идеальный способ извлечения признаков должен обладать устойчивостью ко всем перечисленным выше искажениям. В настоящей работе предлагается использовать метод CRFH (Composed Receptive Field Histograms), который обладает указанными свойствами (см. рисунок).



Примерная схема метода CRFH

Идея, лежащая в основе метода, является в некотором роде развитием приема под названием геометрическое хэширование [1]. Данный метод является многомерным статистическим представлением существенных признаков изображения, построенным на данных, полученных от нескольких дескрипторов. Дескриптором в данном случае является результат применения некоторого фильтра. Специальным образом подобранные фильтры обеспечивают инвариантность метода к масштабным и ракурсным искажениям [2]. В качестве фильтров в основном используются нормализованные частные производные функции Гаусса.

Процесс построения гистограммы в итоге сводится к следующему алгоритму [3]:

1. Получить матрицы «яркости» по изображению (обесцвечивание для дескрипторов на основе фильтра Гаусса).
2. Применить фильтры, соответствующие набору дескрипторов, к полученной матрице.
3. Преобразовать результирующие матрицы к многомерному виду путем отбрасывания незначащих элементов.

Получив возможность описывать наблюдаемое изображение, мы подходим непосредственно к задаче распознавания. Наиболее простым вариантом является введение метрики на множестве гистограмм и попытке поиска минимального расстояния между гистограммой, полученной в результате преобразования наблюдаемого изображения, и одной из гистограмм, построенных в результате обучения. Гистограммы h_1 и h_2 можно сравнивать при помощи следующей метрики:

$$\chi^2(h_1, h_2) = \sum_i \frac{\left(h_1(i) - h_2(i)\right)^2}{h_1(i) + h_2(i)}.$$

Подробному анализу методов сравнения гистограмм, полученных по методу CRFH, посвящена работа [4].

Использование многомерных гистограмм сопряжено с обработкой больших объемов данных. К примеру, 16-мерная гистограмма с 15 шагами квантования содержит $15^{16} - 10^{19}$ значений, большая часть которых равна нулю. Для D-мерной гистограммы с уровнями квантования $r_1,\dots r_D$ будем нумеровать ячейки от 0 до $\left(\prod_{i=1}^{D} r_i\right) - 1$ таким образом, что квантованное значение $M = (m_1,\dots m_D), 0 \le m_i \le r_i$, будет соответствовать ячейке ассоциативного массива с ключом

$$k = \sum_{i=1}^{D} \left(m_i \prod_{j=1}^{i-1} r_j \right).$$

Полученные гистограммы представляют собой обыкновенные ассоциативные массивы. Это позволяет применять для их классификации абсолютное большинство стандартных алгоритмов, таких как метод опорных векторов, нейронные сети и прочие. В рамках настоящего исследования был применен метод опорных векторов [5].

Метод опорных векторов

Метод опорных векторов — это набор схожих алгоритмов вида «обучение с учителем», использующихся для задач классификации и регрессионного анализа. Особым свойством метода опорных векторов является непрерывное уменьшение эмпирической ошибки классификации и увеличение зазора между классами. Поэтому этот метод также известен как метод классификатора с максимальным зазором.

Основная идея метода опорных векторов — перевод исходных векторов в пространство более высокой размерности и поиск разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором в этом пространстве. Две параллельные гиперплоскости строятся по обеим сторонам гиперплоскости, разделяющей наши классы. Разделяющей будет гиперплоскость, максимизирующая расстояние до двух параллельных гиперплоскостей.

Предлагаемые улучшения

В проанализированных работах подбор параметров метода CRFH обычно сводится к предварительному анализу задачи и фиксации полученных результатов. В настоящей работе использована итеративная процедура подбора дескрипторов и их параметров, а также ядерной функции метода опорных векторов.

Подбор начинаем с одного дескриптора, соответствующего первой производной функции Гаусса (в некоторых случаях самой функции) и последовательно увеличиваем количество дескрипторов и порядок производных. В качестве альтернативного варианта можно зафиксировать набор дескрипторов и итеративно подбирать шаг квантования и порядок производных. Подобная схема позволяет добиться баланса между объемом хранимой информационной модели пространства и качеством распознавания.

Еще одним предлагаемым улучшением является применение нового дескриптора на основе пространственно-хроматических гистограмм, описанных в [6]. Данный дескриптор позволяет улучшить процесс распознавания с использованием цветовой информации.

Результаты

В настоящий момент реализован алгоритм создания многомерных гистограмм по методу CRFH на языке Java. В качестве механизма классификации и распознавания используется библиотека libSVM [7]. Реализована процедура инкрементного подбора параметров.

Архитектура программного комплекса предусматривает добавление новых дескрипторов, разработка которых является предметом дальнейших исследований.

Программный комплекс спроектирован с учетом возможности интеграции с системой управления беспилотным летательным аппаратом, разрабатываемой параллельно.

Список литературы

1. Lamdan Y., Wolfson H. Geometric hashing: a general and efficient model based recognition scheme. ICCV'88 Second International Conference on Computer Vision, 1988. – P. 238–249.

2. Schiele B., Crowley J. The robustness of object recognition to rotation using multidimensional receptive field histograms // Rosenon Worshop on Computational Vision, 1995.

3. Schiele B., Crowley J. Recognition without correspondence using multidimensional receptive field histograms // IJCV36. – 2000 – No. 1. – P. 31–50.

4. Linde O., Lindeberg T. Object recognition using composed receptive field histograms of higher dimensionality // icpr04, C. II: 1–6

5. Воронцов К. В. Лекции по методу опорных векторов. [электронный ресурс] // Учреждение Российской академии наук [сайт]. URL: http://www.ccas.ru/voron/download/svm.pdf

6. Color-based image retrieval using spatial-chromatic histograms / Cinque L., Ciocca G., Levialdi S., Pellicanò A., Schettini R. // IVC19. – 2001. – No. 13. – P. 979-986.

7. Chih-Chung Chang, Chih-Jen Lin. LIBSVM : a library for support vector machines. [Электронный ресурс] // CSIE NTU [сайт]. URL: http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm

Работа представлена к. ф.-м. н., доцентом кафедры физики и методики преподавания физики ОГПУ Сиделовым Д.И.

Дата представления работы: 15.04.2011.

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ

И.И. Мацко*

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*
matskoigor@gmail.com

Для современных автоматизированных систем распознавания изображений одним из важных модулей является сбор информации в графическом виде. В этом процессе следует учитывать специфику изображения, виды шумов и возможность масштабирования изображения. В работе описана методика сбора графической информации, которая учитывает все эти особенности.

THE ORGANIZATION OF GATHERING OF THE INFORMATION FOR THE AUTOMATED RECOGNITION DEFECTS

I.I. Matsko

For the modern automated systems of recognition of images one of important modules is information gathering in a graphic kind. In this process it is necessary to consider specificity of the image, kinds of noise and possibility of scaling of the image. In work the technique of gathering of the graphic information which considers all these features is described.

Актуальность работы

Все современные металлургические предприятия в настоящее время активно эксплуатируют системы менеджмента качества для оценки готовой продукции, ведения производства и документооборота. Системный анализ информационных потоков металлургического предприятия [1, 2] позволил определить их важность в промышленной системе управления. Для анализа и оценки макроструктуры непрерывно-литой заготовки квадратного и прямоугольного сечения в условиях ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» изготавливаются и используются серные отпечатки и фотографии образцов (темплетов) [3]. Традиционная система оценивания образцов может быть классифицирована как индивидуальная экспертиза на основе методов экспертного оценивания. В результате такого оценивания формируется информация с низкой точностью, надежностью и достоверностью [4]. Использование традиционных систем оценок качества продукции вносит в информационное обеспече-

* Работа выполнена под руководством д. т. н. Логуновой О.С.

ние систем управления субъективную составляющую. Устранение этого недостатка возможно при введении автоматизированных анализаторов на основе программного обеспечения средств вычислительной техники.

Целью проводимого исследования является повышение эффективности методик сбора и подготовки исходных данных для программного анализатора качества непрерывно-литой заготовки по серному отпечатку и фотографии.

Для достижения цели были решены задачи:

– анализ способов получения изображений образцов непрерывно-литой заготовки в условиях действующего металлургического производства;

– оценка условий получения серных отпечатков и фотографий темплетов непрерывно-литой заготовки;

– разработка методик сбора и подготовки информации для программного анализатора качества непрерывно-литой заготовки.

Анализ способов получения изображений образцов

В условиях действующего металлургического производства, в частности ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», используются два вида методик сбора информации о качестве непрерывно-литой заготовки на основе оригинального образца и его серного отпечатка.

Методика исследования качества заготовок прямоугольного сечения:

1) от заготовки отбирается темплет на технологической линии машины непрерывного литья заготовок по схеме, приведенной на рис. 1;

2) образец подвергается фрезерованию, шлифованию и травлению в реактиве по ГОСТ 10243-75 [5];

3) выполняется индивидуальная экспертная оценка образца по ОСТ 14-04-73 и ОСТ 14-1-235-91 [6, 7];

4) с образца снимается серный отпечаток;

5) выполняется индивидуальная экспертная оценка серного отпечатка по ОСТ 14-04-73 и ОСТ 14-1-235-91.

Методика исследования качества заготовок квадратного сечения использует в полном объеме методику исследования качества заготовок прямоугольного сечения и дополнительно выполняется фотографирование темплета на рабочем столе (рис. 2).

Темплет устанавливается на расстоянии 30 см от фотоаппарата. Управление фотоаппаратом производится с компьютера. При недостаточном освещении включается лампа дневного освещения. Для определения размеров темплета по фотографии на столе располагается линейка, которая должна находиться в кадре.

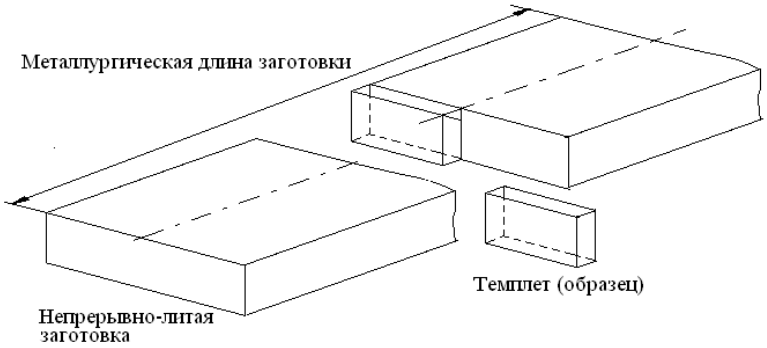


Рис. 1. Схема отбора темплета от заготовки прямоугольного сечения

Рис. 2. Общий вид рабочего места для фотографирования темплетов квадратного сечения: 1 – темплет; 2 – линейка; 3 – фотоаппарат; 4 –лампа освещения

Результаты визуальной экспертной оценки передаются в корпоративную информационную систему без последующего использования.

Указанные методики имеют недостатки:

1) отсутствует автоматизированная оценка образца и его серного отпечатка, позволяющая снизить вклад человеческого фактора;

2) фотографии темплетов сохраняются в низком качестве и имеют высокую зашумленность;

3) отсутствует возможность оцифровывания серных отпечатков для их длительного хранения и формирования оперативной базы данных.

Методика оцифровки серных отпечатков и фотографирования темплетов непрерывно-литых заготовок представлена в виде схемы на рис. 3.

Для устранения этих недостатков предлагается усовершенствование этих методик путем добавления процедур:

процедура 1: сканирование с разрешением от 300 до 1200 dpi;

процедура 2: фотографирование с разрешением от 5 Мп;

процедура 3: использование масштабной линейки. Квадраты на масштабной линейке имеют стороны в 10 мм.

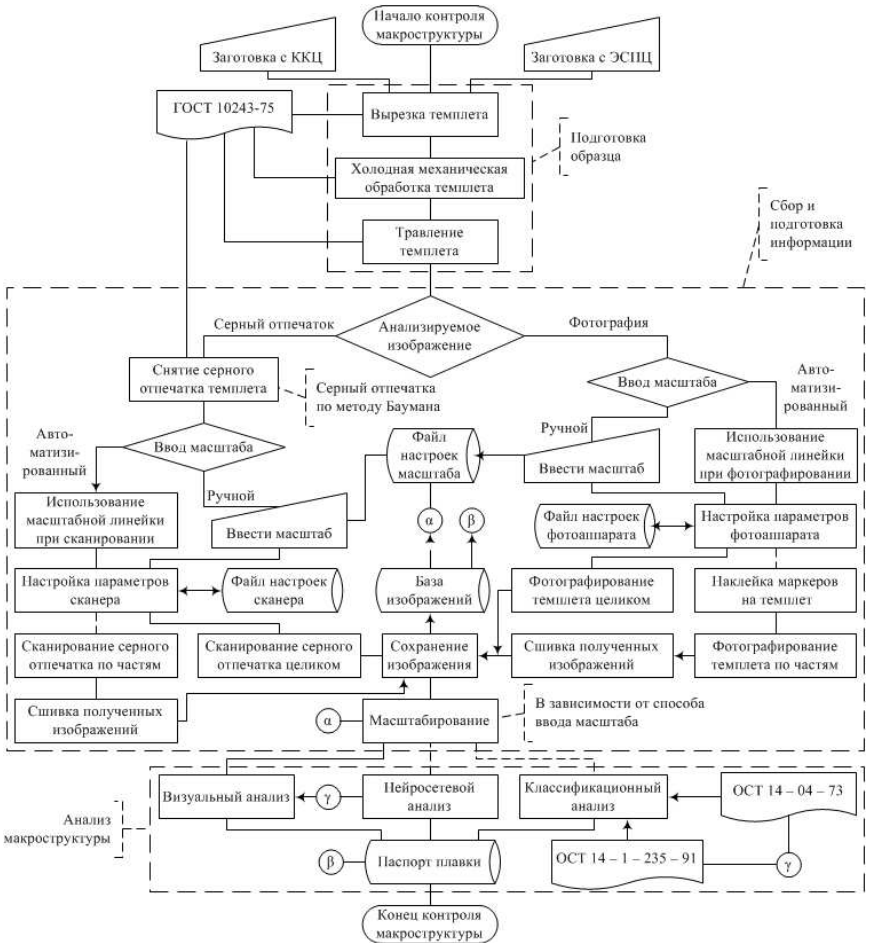


Рис. 3. Схема методики оцифровки серных отпечатков и фотографирования темплетов непрерывно-литых заготовок

Для оцифровки серных снимков заготовок сортовой МНЛЗ, сечение которых составляет 100×100, 150×150 и 150×170 мм, предлагается использовать планшетный сканер формата А4. Для серных снимков большего размера необходимо использовать сканеры форматов А3-А0 либо сканировать снимок частями, после чего «сшивать», используя программное обеспечение.

Перед фотографированием темплет размещается на столе обработанной стороной вверх. Фотоаппарат при съемке находится в руках специалиста. Темплет разбивается отрезками на части. Концы отрезков помечаются цветными маркерами, закрепляемыми за боковые поверхности темплета. При съемке каждой части в кадр должны входить метки и масштабная линейка, которая располагается за одним из отрезков. Программный анализатора качества должен уметь работать с разделенными на части изображениями.

Предлагаемая методика сбора информации при оцифровывании серных отпечатков темплетов непрерывно-литых заготовок позволяет получить изображения с требуемыми параметрами (разрешающая способность, цветность, степень сжатия изображения и т.п.).

Анализ собранных изображений по новой методике позволил выделить основные виды шумов:

1) наличие рукописных отметок на части проанализированных отпечатков с обратной стороны, следы которых видны на конечных изображениях;

2) наличие областей с повышенной и пониженной яркостью, возникающей за счет неравномерного освещения поверхности;

3) отсутствие достаточной резкости на изображении по причине отсутствия стендов для фиксирования фотоаппарата.

Всем описанным методикам фотографирования темплетов непрерывно-литых заготовок присущи проблемы:

1) перспективные искажения изображения из-за геометрических особенностей темплета, особенно при макросъемке больших темплетов;

2) неоднородность фона, окружающего линейку и темплет, приводящая к использованию дополнительных методик для их выделения.

Применяя методику, используемую на действующем производстве, получаем отличные по качеству фотографии, которые затем сохраняются в худшем качестве. Анализируя изображения, тяжело определить размеры темплета по сфотографированному куску линейки. При съемке всего темплета большого размера на фотографии будут видны не все мелкие детали макроструктуры. Разбивая темплет на части, можно анализировать более мелкие детали. Скорость фотографирования и анализа разбитого на части темплета будет ниже, чем целого. Использование масштабной линейки вместо обычной позволяет точнее оценить размеры темплета при анализе фотографии.

Результаты оценки условий получения серных отпечатков и фотографий темплетов непрерывно-литой заготовки

Для сравнительной статистической оценки собранной информации были выбраны изображения: серный отпечаток непрерывно-литой заготовки сечением 150×150 мм; фотография темплета – 150×150 мм; фотография части темплета – 250×450 мм. На изображениях оценивался фрагмент квадратной формы со стороной 10 мм в центре темплета. Результаты математической оценки характеристик изображений приведены в таблице, на основании которых можно утверждать, что при незначительном изменении относительной ошибки для величин, характеризующих взаимосвязь с эталоном, происходит существенное изменение величин, характеризующих яркость однотипных изображений одного размера (рис. 4).

Статистические характеристики изображений

Характеристика	*Серный отпечаток, 150×150 мм*	*Фотография темплета*	
		150×150 мм	*250×450 мм*
Одиночная оценка верности	224609	295458	94099
Отношение Штреля	0,1485	0,1953	0,1421
Величина эквивалентного прямоугольника пропускания	95754	163671	37684
Взаимная корреляция	33346	57700	13371
Нормированная взаимокорреляционная мера	0,3482	0,3525	0,3548
Нормированная абсолютная ошибка	1,1310	1,1250	1,1237
Нормированная среднеквадратичная ошибка	0,6517	0,6474	0,6452

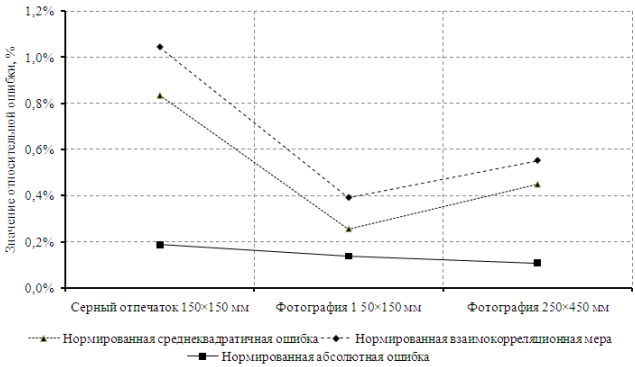


Рис. 4. Тенденция относительной ошибки для статистических характеристик изображения

Следовательно, остается актуальной проблема совершенствования методик сбора и анализа изображений для оценки качества металлургической продукции.

Список литературы

1. Логунова О.С. Системный подход к исследованию информационных потоков в управлении качеством непрерывно-литой заготовки // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – № 6. – С. 56 – 62.

2. Логунова О.С. Технология исследования информационных потоков на металлургическом предприятии // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2008. – № 3. – С. 32 – 37

3. Logunova O.S. Internal-defect formation and the thermal state of continuous-cast billet // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – № 10. – P. 849 – 852.

4. Теоретические основы принятия управленческих решений: Учебник / К.В. Балдин, С.Н. Воробьев, В.Б. Уткин. – М.: Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2005. – 504 с.

5. ГОСТ 10243-75. Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры. Введ. 1978.01.01. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1978. – 41 с.

6. ОСТ 14-4-73. Сталь. Метод контроля макроструктуры литой заготовки (слитка), полученной методом непрерывной разливки. Введ. 1973.07.01. – М.: Мин-во черной металлургии СССР, 1973. – 15 с.

7. ОСТ 14-1-235-91. Сталь. Метод контроля макроструктуры непрерывнолитой заготовки для производства сортового проката и трубных заготовок. Взамен ОСТ 14-4-73 в части непрерывнолитой заготовки квадратного сечения. Введ. 1992.01.01. – М.: Мин-во металлургии СССР, 1991. – 37 с.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 02.04.2011.

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЦ)

Г.А. Зарубин

ГОУ ВПО «Южный федеральный университет»,
***Россия**, 344006, г.Ростов-на-Дону, ул.Большая Садовая, д. 105/42*
phx@nxt.ru

В работе исследуется возможность эффективного объединения нейронных сетей разных видов (самоорганизующаяся карта Кохонена и многослойный персептрон) в задачах распознавания образов. Строится структура гибридной нейросети, в качестве примера функционирования которой рассматривается решение задачи идентификации лиц.

SYSTEM OF IMAGE RECOGNITION BY HYBRID NEURAL NETWORKS (APPLIED ON EXAMPLE OF FACE IDENTIFICATION)

G.A.Zarubin

The paper investigates the possibility of effectively combining neural networks of different types (Kohonen self-organizing map and multilayer perceptron) in image recognition problems. Constructed the structure of hybrid neural network, as an example of the operation which gives the way of solution the problem of face identification.

Применение и характеристика нейронный искусственный сетей

Теория искусственных нейронных сетей (ИНС) – относительно молодое и бурно развивающееся научное направление, результаты исследований которого успешно применяются в самых различных областях – экономике, медицине, технике, геологии, физике. ИНС получили наибольшее распространение при решении задач прогнозирования, распознавания и управления.

Существует несколько классических нейросетевых архитектур и множество их различных современных модификаций, каждая из которых оптимальным образом решает задачи из определённой области. Возникает вопрос о комбинированном использовании нейронных сетей разных видов, возможности, оправданности и эффективности такой интеграции.

Постановка задачи по распознаванию образов на основе искусственных нейронных сетей

В данной работе было решено исследовать объединение сетей двух следующих видов для решения задачи распознавания образов:

1) самоорганизующаяся карта Кохонена;
2) многослойный персептрон.

Введём следующие обозначения:

X – исходное пространство данных (размерность S, объём Q);
V – пространство признаков (размерность T, объём R);
M – множество классов;
P: X –> V – функция выделения признаков;
K: V –> M – функция принадлежности классу.

Предлагаемая гибридная нейронная сеть должна решать задачу классификации, то есть реализовывать такое отображение функции принадлежности, которое наиболее соответствовало бы фактическому распределению данных по классам.

В реальных задачах из-за возможных нелинейности и неоднородности данных, близости классов, неопределённости их числа и критериев разделения наибольшую сложность представляют именно задачи нахождения и выделения характерных качеств и свойств объекта – признаков для последующей классификации.

После того, как будет определена функция выделения и сформировано пространство признаков, возникает следующая проблема – какие из признаков являются наиболее информативными и характерными для разделения классов. Данная проблема частично решается, если задача позволяет провести анализ реальных объектов и на его основе построить и реализовать эффективную модель выделения значимых признаков.

Таким образом, важным является не только самовыделение пространства признаков, но и его локализация или редукция. Здесь становится уместным применение нейронной сети Кохонена, которая предоставляет хорошие возможности для кластеризации данных.

Методика понижения размерности пространства признаков

Покажем, как производится понижение размерности пространства признаков с помощью самоорганизующейся карты Кохонена.

1 этап – транспонирование пространства (рис. 1).

2 этап – кластеризация сетью Кохонена.

Задаётся число кластеров U (U<T) – новая размерность пространства. Проводится обучение сети – CWTA с гауссовской функцией соседства [1]. Полученная весовая матрица является пространством размерности R × U.

3 этап – повторное транспонирование пространства.

Получаем пространство признаков V’’: U × R.

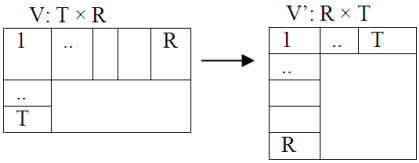


Рис.1. Транспонирование пространства признаков

В результате работы сети Кохонена снижается избыточность данных и происходит локализация признаков, при этом выделяются наиболее значимые для разделения классов компоненты. Обучение сети – нетривиальный процесс, всегда нужно учитывать специфику подаваемых данных и самой сети.

Если задача не позволяет в принципе или должным образом реализовать выделение пространства признаков, то описанная выше процедура может применяться сразу к исходному пространству данных. Однако эффективность такого подхода при больших объёмах и высокой размерности, то есть эффективность кластеризации сети Кохонена будет невысока.

Полученное пространство признаков используется для работы с многослойным персептроном: определяется характеризующий каждый класс вектор, выделяются обучающая и тестовая выборки, подбираются параметры сети и проводится обучение. При этом также необходимо учитывать специфику данных и много других факторов.

Результаты последующего распознавания для тестовой выборки свидетельствуют об эффективности функционирования всей гибридной сети. Чтобы оценить эффективность каждой сети, на время отключается сеть Кохонена и оценивается работа многослойного персептрона, затем она подключается и результаты сравниваются.

Архитектура построенной нами системы может быть проиллюстрирована следующей схемой (рис. 2).

Описанная гибридная нейронная сеть была реализована нами для решения задачи идентификации лиц. В качестве выборки изображений использовалась общедоступная база лиц ORL [3]. Это простейшие фронтальные полутоновые изображения 40 лиц человек по 10 каждого. Размер каждого изображения – 92x112 пикселей.

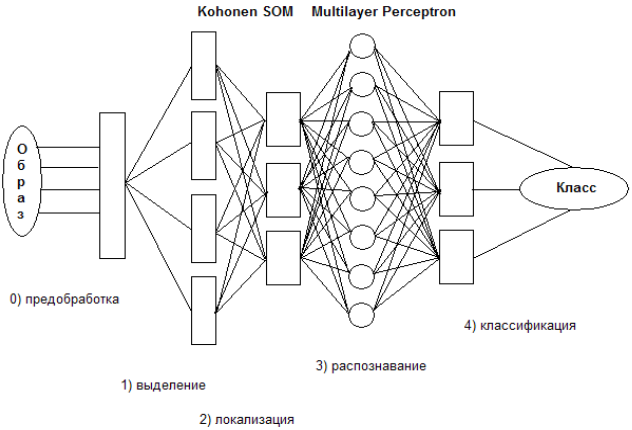


Рис. 2. Архитектура гибридной сети

Сначала производилось первичное выделение значащих признаков – фиксировалась область глаз, носа и губ. Затем в качестве функции выделения признаков использовалось преобразование Фурье и обратное преобразование. Признаковым пространством является множество векторов коэффициентов Фурье, число коэффициентов было подобрано экспериментально – 70.

Все изображения делились на 2 выборки – обучающую и тестовую, по 5 изображений для каждого лица. При работе только одной сети – после обучения многослойного персептрона обратным распространением ошибки [2] – максимальный процент распознавания составлял 70(+-7.5)%, при этом процент обучения был около 93%. Важным моментом являлся выбор числа кластеризации сети Кохонена, фактически оно определяет сжатие пространства признаков. Для выбранного числа коэффициентов Фурье было подобрано оптимальное число – 50. При функционировании гибридной сети благодаря дополнительной локализации признаков (почти на 30%) процент распознавания вырос до 85(+-4)%, а процент обучения стал близок к 99%.

Эти значения свидельствуют о том, что в среднем способность распознавания системой выросла на 15%, а стабильность увеличилась вдвое. Всё это подтверждает оправданность и эффективность интеграции нейронных сетей Кохонена и многослойного персептрона.

Преимущество системы заключается в том, что выделение значащих признаков сетью Кохонена не зависит от их семантики, а основывается на фактическом разбросе данных. Эффективность сохранится и для тех случаев, когда задача не позволяет на основе анализа объекта должным образом реализовать выделение пространства признаков. Однако ясно что, наибольшая результативность будет именно при совместном использовании классических математических методов обработки информации и нейросетевых.

Заключение

Недостатки системы в целом следуют из недостатков использования нейросетевого подхода – это сложность процесса обучения и сильная зависимость распознавания от обучающей выборки. Перспективой системы гибридной нейросети является добавление управляющего элемента верхнего уровня, корректирующего параметры сетей и функции выделения в зависимости от получаемых результатов и задаваемых задач. Такая динамически настраиваемая рекуррентная сеть могла бы избавиться от многих недостатков.

Список литературы

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2004. – С. 231–234.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – С. 225 – 233.

3. The Database of Face / AT&T Laboratories Cambridge. http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html.

ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИНВАРИАНТНАЯ К АФФИННЫМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ

М.В. Зарецкий, А.В. Необутова, И.В. Необутов

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38,*
m-zaretsky@yandex.ru

Обоснованы архитектура нейронной сети для распознавания изображений с помощью методов, инвариантных к аффинным преобразованиям, и применение генетических алгоритмов в качестве средства ее обучения

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF IMAGES, INVARIANT TO AFFINE TRANSFORMATIONS

M.V Zaretsky, A.V. Neobutova, I.V. Neobutov

Are proved architecture of a neural network for recognition of images by means of methods, invariant to affine transformations, and use of genetic algorithms as means of its training

Актуальность работы

Автоматизация распознавания изображений является актуальной задачей в различных отраслях науки и техники. В частности, выявление визуально проявляющихся дефектов является неотъемлемой частью многих процессов дефектоскопии. Исключение из этих процессов человека позволит избежать большого количества ошибок, обусловленных естественным процессом утомления зрения и нервной системы.

В данной работе рассматривается структура искусственной нейронной сети, предназначенной для распознавания изображений, и применение генетических алгоритмов в процессе ее обучения.

Постановка задачи

Необходимо разработать алгоритм, позволяющий с высокой степенью надежности за приемлемое время выявлять и правильно классифицировать выявленные изображения. Изображения могут быть представлены на сложном фоне, могут быть зашумлены. Кроме того, изображения могут быть подвергнуты аффинным преобразованиям – растяжению (сжатию), повороту, переносу.

Окончательно о качестве алгоритма и предпочтительной сфере применения можно сделать вывод на основании его экспериментальной проверки на различных типах изображений.

Для создания автоматизированной системы, обеспечивающей получение содержательного анализа и достоверного прогноза, были решены следующие задачи [1 – 4]:

- выявление совокупности инвариантных к аффинным преобразованиям признаков и определение их количества, достаточного для функционирования алгоритма;
- разработка архитектуры нейронной сети;
- разработка алгоритма обучения нейронной сети.

Предлагаемое решение

Для определения совокупности инвариантных к аффинным преобразованиям признаков был применен метод моментов. Моментные инварианты представляют собой множество нелинейных функций, инвариантных к сдвигу, повороту и масштабированию, определенных на геометрических моментах каждого фрагмента исходного изображения [3, 5].

Геометрические моменты порядка $(p+q)$ для функции яркости изображения $f(x,y)$ определяются по формуле

$$M_{pq} = \int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} x^p y^q f(x,y)dxdy\,, \qquad (1)$$

где $p,q = 0,1,\ldots,\infty$; x,y — координаты пикселя; $f(x,y)$ — значение функции яркости изображения.

Так как на изображении функция яркости задана дискретно, интегралы в формуле (1) заменяются конечными суммами. Для сохранения устойчивости геометрических моментов к размеру изображения следует отобразить изображение размером $M \times N$ точек в диапазон $[-1;1]\times[-1;1]$. После такого преобразования координатами x,y будут не целые значения, определяющие точку на изображении, а действительные числа. Таким образом, из формулы (1) получаем формулу для вычисления геометрического момента 189реобразованого изображения:

$$m_{pq} = \sum_{i=-1}^{1}\sum_{j=-1}^{1} x^p y^q f(x,y)\,, \qquad (2)$$

где $p,q = 0,1,\ldots,\infty$; x, y – координаты пикселя; $f(x,y)$ — значение функции яркости изображения.

Исходя из этих формул можно определить координаты «центра тяжести» изображения:

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}};\ \ \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}, \tag{3}$$

где $p,q = 0,1,\ldots,\infty$; m_{pq} — геометрические моменты и соответственно центральные моменты порядка $(p+q)$,

$$\mu_{pq} = \sum_{i=-1}^{1} \sum_{j=-1}^{1} \left(x - \bar{x}\right)^p \left(y - \bar{y}\right)^q f(x,y), \tag{4}$$

где $f(x,y)$ — значение функции яркости изображения; x, y — координаты пикселя.

Очевидно, центральный момент инвариантен к сдвигу, так как при сдвиге изображения центр тяжести будет смещаться вместе с ним, а следовательно мы будем получать одинаковые значения признака. Однако необходимо, чтобы выделенные признаки были также инвариантны к повороту и масштабированию. Для этого нормализуем центральный момент следующим образом:

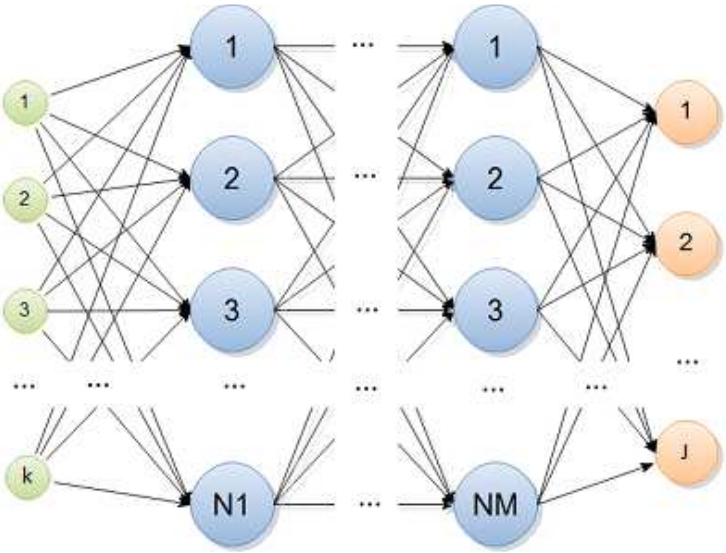
$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^{\gamma}}, \gamma = \frac{p+q}{2} - 1, \tag{5}$$

где $p,q = 0,1,\ldots,\infty$; μ_{pq} – центральные моменты.

Комбинируя эти моменты, можно составлять неограниченное количество функций, инвариантных к трем аффинным преобразованиям – сдвигу, повороту и масштабированию. Главным условием, накладываемым на множество функций, составленных из моментов и подающихся на вход сети-классификатора, является их взаимная некоррелированность.

Было установлено, что для практических целей достаточно семи инвариантов [5].

Для решения задач классификации моментных признаков, как правило, используются многослойные нейронные сети с полными последовательными связями [6]. По причине того, что используются семь моментов, была выбрана многослойная нейронная сеть с полными последовательными связями с семью входами и десятью выходами, общий вид которой представлен на рисунке.



Общий вид многослойной нейронной сети с полными последовательными связями, имеющей k входных нейронов, j выходных, M скрытых слоев по Ni нейронов в каждом

Количество скрытых слоев определяется эвристическим методом в процессе обучение сети [5, 6].

В качестве основного алгоритма обучения принят генетический алгоритм [7]. Экспериментальным путем были подобраны следующие параметры генетического алгоритма: длина хромосомы – 15, количество особей – 40, двухточечный кроссинговер, вероятность кроссинговера – 0,8, вероятность мутации – 0,05.

Заключение

Предложена и реализована искусственная нейронная сеть, приспособленная к решению практически важной задачи распознавания изображений.

Список литературы

1. Хайкин С.Э. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ. – 2-е изд., испр. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. –1104 с.

2. Нейросетевые методы обнаружения, классификации и распознавания объектов на изображениях / Л.Е. Назаров, Н.С. Томашевич, А.Н. Балухто // Нейрокомпьютеры. – Вып. 11-12 (2006). – М.: Радиотехника, 2006. – С. 25-43.

3. Прикладные нейросетевые системы обработки изображений / А.А. Буянов, А.И.Власов, А.В. Загоскин // Нейрокомпьютеры в системах

обработки изображений. Кн. 7: коллективная монография. – М.: Радиотехника, 2003. – С. 56-96.

4. Logunova O.S., Zaretsky M.V., Azarova O.A. Continuous-casting template defect recognition by means of hybrid neural network // The 10th International Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT 2008), Antalya, Turkey. Proceedings of the Internation Workshop. – Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2008. – V. 1. – P. 49 – 50.

5. Нейросетевые методы в диагностике ишемической болезни сердца / А.В. Немкова, И.В. Необутов, М.В. Зарецкий, А.И. Капран // «Информационные технологии и математическое моделирование»: сб. науч. тр. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2009. – Ч2. – 306 с. – С. 245-251.

6. Применение систем искусственного интеллекта в диагностике ишемической болезни сердца / Немкова А.В., Необутов И.В., Зарецкий М.В. // Актуальные вопросы развития современной науки, техники и технологий: сб. науч. тр. – М.: Издательско-полиграфический комплекс НИИРРР, 2009. – С. 89-92.

7. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие. – М.: Радиотехника, 2009. – 392 с.

Работа представлена д. т. н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗАГОТОВОК НА ОСНОВЕ ОПЕРАЦИЙ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА*

И.А. Посохов, О.С. Логунова

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*

posohoff@.bk.ru

Достоверная и полная информация о качестве готовой продукции и полуфабрикатов необходима на всех участках производства. Наличие развитого математического аппарата теории распознавания образов позволяет применить его к оценке качества металлургической продукции. В

* Работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009 – 2013 гг.

работе приводится описание технологии, сочетающей методы морфологического анализа, для улучшения качества изображения в условиях действующей производственной системы.

TECHNOLOGY OF PROCESSING OF IMAGES OF PREPARATIONS ON THE BASIS OF OPERATIONS OF THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS

I.A. Posoxov, O.S. Logunova

The authentic and full information on quality of finished goods and semifinished products is necessary on all sites of manufacture. Presence of the developed mathematical apparatus of the theory of recognition of images allows to apply it to an estimation of quality of metallurgical production. In work the description of the technology combining methods of the morphological analysis, for improvement of quality of the image in the conditions of operating industrial system is resulted.

Введение

В настоящее время довольно широко распространяются системы принятия решения на основе распознавания информации. Наиболее сложными считаются алгоритмы распознавания графических образов. Существует большое количество типовых алгоритмов, с помощью которых решаются локальные задачи улучшения изображения, фильтрации, сегментации и т.п. Однако в настоящее время отсутствуют типовые методики, с помощью которых можно было синтезировать программный продукт для распознавания изображений низкой контрастности. Существующие программные анализаторы в своем большинстве предлагают считывание изображения с внешнего устройства и его классификацию по известным шаблонам, приведенным в соответствующих ГОСТ и ОСТ. Пример такого компьютеризированного решения приведен в [1].

Авторами работы проведен подробный анализ использования изображений в системе управления качеством металлургической продукции. Результаты этого анализа, приведенные в работах [2 – 4], показали, что получаемые изображения металлургической продукции нельзя распознавать на основе рекомендованных шаблонов, так как для них характерна пониженная контрастность и наличие нерегулярной формы объектов; получаемая информация имеет низкие показатели достоверности, так как получаема на основе традиционного осмотра образцов, с одной стороны. А с другой стороны, эта информация используется в процессе выбора технологии обработки металла на нескольких последующих стадиях металлургического передела. Полученные противоречия между качеством информации и ее использованием позволили сформулировать цели и задачи исследования.

Целью исследования, приведенного в работе, является повыше-

ние достоверности информации о качестве металлургической продукции путем теоретического обоснования и построения методики использования морфологических операций для сегментации низкоконтрастных изображений образцов.

Для достижения цели были поставлены и решены задачи:

– исследование формы и структуры низкоконтрастных изображений серных отпечатков и фотографий образцов;

– оценка количества и особенностей представления объектов нерегулярной формы, сопоставимых с макродефектами металлургической продукции;

– разработка методики принятия решения о качестве продукции на основе изображений на основе комбинации методов морфологического анализа.

Результаты исследования формы и структуры низкоконтрастных изображений серных отпечатков и фотографий образцов

В качестве исходного материала для оценки качества металлургической продукции выбраны серные отпечатки и фотографии поперечных темплетов, получаемые на стадии непрерывной разливки стали в условиях ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Все полученные изображения были классифицированы по признакам, приведенным на рис. 1.

Классификация изображений по приведенной схеме позволяет выделить типовые алгоритмы улучшения изображения по яркости, определить области расположения дефектов по размеру изображения, приближенную форму для видов макродефектов и т.п. Выбор типовых алгоритмов позволяет построить методику обработки изображения и принятия решения по результатам анализа после сегментации.

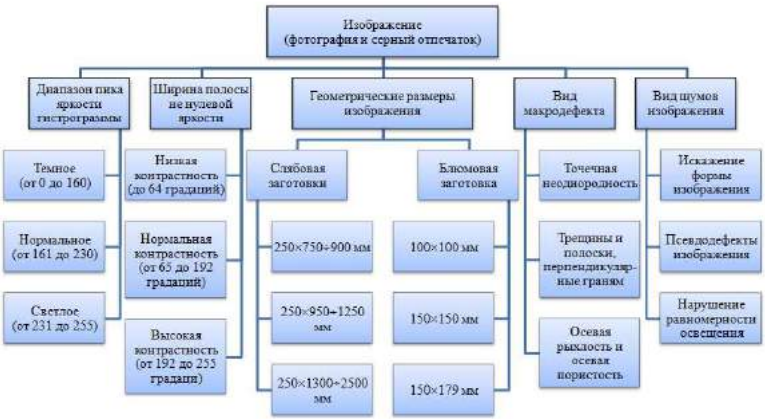


Рис. 1. Схема классификации изображений темплетов

Результаты оценки количества и особенностей представления объектов нерегулярной формы, сопоставимых с макродефектами металлургической продукции

Макродефекты металлургической продукции на изображении серного отпечатка и фотографии отображаются в виде темных объектов. Среди всех возможных дефектов наиболее распространенными являются:

– осевая рыхлость – сосредоточение крупных и мелких пор вдоль теплового центра слитка в зоне встречи фронтов затвердевания. На изображении проявляется в виде скопления затемненных участков в центре отпечатка (рис. 2);

– трещины и ликвационные полоски, перпендикулярные широким граням заготовки, или угловые – нарушение сплошности на травленых темплетах или полосчатые потемнения на серных отпечатках, соответствующим образом ориентированные. На изображении проявляются в виде скопления темных полос, имеющих нарушения в непрерывности по сечению заготовки (рис. 2);

– точечная неоднородность – точечные скопления ликватов по сечению темплета, за исключением краевой зоны, или в виде дорожек. На изображении проявляются в виде затемнений нерегулярной формы со случайным местоположением (рис. 2).

Рис. 2. Фрагмент серного отпечатка с характерными видами и формами дефектов в масштабе 1:8: а – точечная неоднородность; б – трещины, перпендикулярные широкой грани; в – осевые трещины

Технология сегментации изображения на объекты нерегулярной формы на основе методов морфологического анализа

В [5] приводится описание множества алгоритмов морфологического анализа изображений. Каждая морфологическая операция имеет свое уникальное назначение. Нельзя сказать, что применение одной из

операций приводит к удачному результату. Для изображений, получаемых в металлургическом производстве, характерно множество особенностей, которые классифицированы по схеме, приведенной на рис. 1. Автором работы предлагается методика сочетания различных морфологических операций для улучшения изображения и принятия решений о его структуре. Функциональная схема работы системы по такой методике приведена на рис. 3.

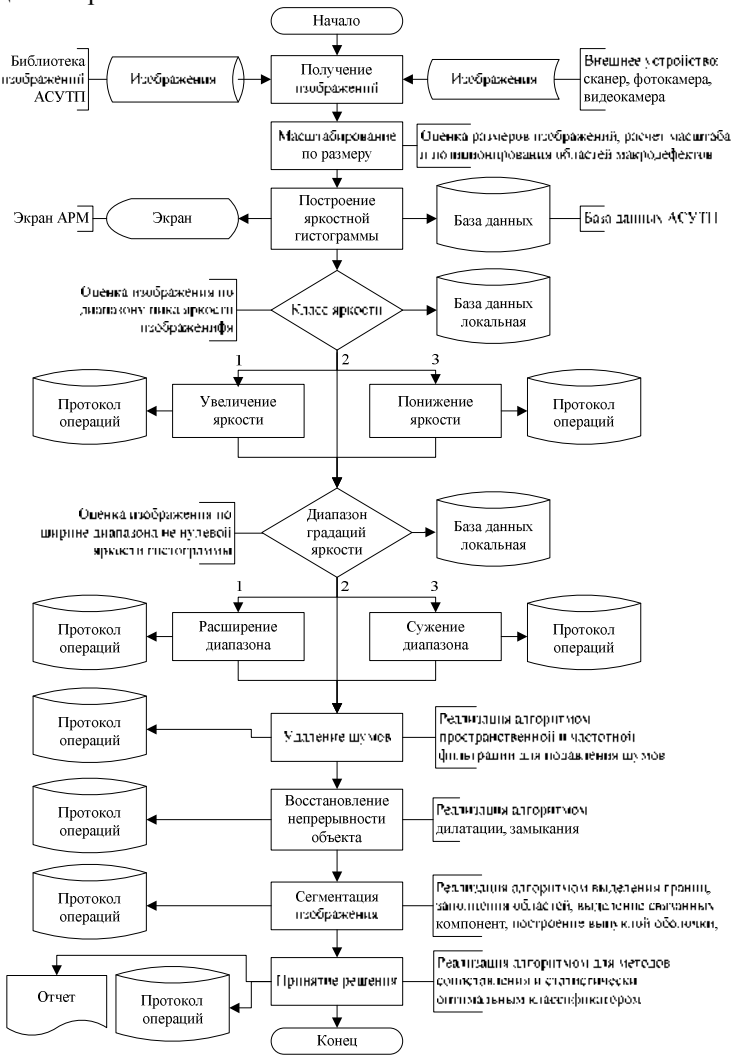


Рис. 3. Схема работы системы для обработки изображения

На рис. 3 нумерация подклассов при выборе класса яркости и диапазона градации яркости выполнялась в соответствующем классе сверху вниз по рис. 1.

Программная реализация предлагаемой методика является довольно сложной. Каждую ее процедуру рационально размещать в отдельном модуле.

Заключение

Таким образом, в работе определены алгоритмические инструменты для распознавания изображений металлургической продукции, которые включают в себя морфологические операции и теории принятия решения. Комбинация рассмотренных процедур позволяет унифицировать процесс оценки изображений и построить автоматизированную систему, на основе которой существенно повышается достоверность получаемой информации и используемой в дальнейшем в системе управления качеством продукции и управлении технологическим процессом непрерывной разливки стали.

Список литературы

1. Компьютеризация контроля качества металлопродукции / И.В. Чуманов, В.И. Чуманов, М.А. Матвеев // Электрометаллургия. – 2010. – № 11. – С. 36 – 39.

2. Логунова О.С. Системный подход к исследованию информационных потоков в управлении качеством непрерывно-литой заготовки // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – № 6. – С. 56 – 62.

3. Logunova O.S. Internal-defect formation and the thermal state of continuous-cast billet // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – № 10. – P. 849 – 852.

4. Логунова О.С. Технология исследования информационных потоков на металлургическом предприятии // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2008. – № 3. – С. 32 – 37.

5. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.
Дата представления работы: 13.04.2011.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

И сказал Бог: сотворим человека
по образу Нашему, …
Библия. Бытие

Греки совершили открытие, величайшее
из когда-либо совершенных человеком:
они открыли могущество разума.
М. Клайн

Человек – мера всех вещей.
Протагор (485 – 411 в до н.э.)

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

П.П. Макарычев, И.Ю. Денисова

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»,
***Россия**, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40*
mpp@pnzgu.ru

В работе предложен способ оценки знаний, умений, навыков учащихся в информационной системе дистанционного обучения с использованием элементов нечеткой логики. Предлагаемый способ позволяет значительно уменьшить погрешности оценки знаний, умений, навыков.

INDISTINCT MODEL OF THE ESTIMATION OF KNOWLEDGE, ABILITIES, SKILLS IN SYSTEM OF THE REMOTE TRAINING

P. P. Makarychev, I.J. Denisova

In work the way of an estimation of knowledge, abilities, skills of pupils in information system of remote training with use of elements of indistinct logic is offered. The offered way allows to reduce considerably errors of an estimation of knowledge, abilities, skills.

Актуальность работы

Настоящий этап развития системы образования связан с внедрением в учебный процесс информационных систем дистанционного обучения в качестве средств организации и проведения учебных занятий. Использование подобного программного обеспечения позволяет выстроить для каждого учащегося индивидуальную образовательную траекторию независимо от его территориального нахождения и, следовательно, расширить круг обучающихся.

Основные проблемы

Для управления процессом обучения в СДО необходимо иметь сведения о том, как учащиеся воспринимают и усваивают учебный материал. Удобным и наиболее распространенным средством педагогической диагностики знаний, умений, навыков учащихся при дистанционном обучении является тестирование. Для повышения надежности и валидности результатов тестирования необходима разработка математических моделей, адекватно отражающих знания эксперта (преподавателя) о критериях успеваемости учащихся. Такие знания являются субъективными, следовательно, носят аспект лингвистической неопределенности. Поэтому при разработке математической модели автоматизированной оценки знаний, умений, навыков учащихся целесообразно использовать методы нечеткого моделирования, позволяющие учесть семантическую неопределенность оценивания педагогом степени подготовки обучаемого.

Нечеткая модель оценки знаний, умений и навыков

Назовем предметными знаниями совокупность знаний о составе и структуре учебного предмета, определяемые программой обучения. В таком контексте учебный предмет рассматривается как система знаний, состоящая из понятий и отношений между ними, отражающих знания о составе и структурных свойствах учебного материала. Состав и структура предметных знаний разрабатываются преподавателем (группой экспертов) на основе государственных стандартов и имеющегося практического опыта преподавания.

Предметные знания представим множеством E предметных элементов (ПЭ), на котором задано бинарное отношение $S \subset E \times E$, характеризующее структурную связь ПЭ. При разработке автоматизированной системы оценки успеваемости базовым множеством ПЭ является строго упорядоченное дискретное конечное множество $T|=\{t\}$ тем учебного курса. С каждой темой t эксперт связывает подмножество тестовых заданий. Структура тестового задания определяется его типом. На основе проведенного в работе [3] анализа выделена структура универсальных типов тестовых заданий, наиболее часто используемых в тестах любой предметной области.

1) Выбор ответа. Тестовое задание данного типа представлено вопросом и конечным дискретным множеством ответов на него, связанных с вопросом.

2) Соответствие. Тестовое задание представляет собой вопрос и множество подвопросов к нему. Множество вариантов ответа дискретно, конечно, связано с подвопросами. К данному типу тестовых заданий также относятся вопросы на упорядочивание списка. В этом случае необходимость расположения каждого элемента списка в нужном месте рассматривается как подвопрос, множество возможных мест в списке представляет собой множество вариантов ответа.

3) Ввод чисел. Тестовое задание представлено вопросом и дискретным конечным множеством ответов, указываемых экспертом. Множество ответов связано с вопросом.

4) Ввод текста. Тестовое задание данного типа представлено вопросом и дискретным конечным множеством ответов на него, связанных с вопросом.

Обозначим Q – дискретное, конечное, строго упорядоченное множество вопросов. При формировании тестовых заданий типа «Соответствие» эксперт устанавливает отношение $S_q^* \subset Q \times Q$ – «подвопрос вопроса», такое, что $(q_i, q_j) \in S_q^*$, $i \in [1,l]$, $j \in [1, l]$, $i \neq j$, если вопрос q_i входит в состав вопроса q_j**.** Вопросы могут иметь различный уровень сложности соответственно уровню знаний обучаемого. Нечеткое множество $\tilde{Q} \subset Q$

, $\tilde{Q} = \left\{q, \mu_{\tilde{Q}} q\right\}$ позволяет учесть степень сложности каждого вопроса.

Обозначим *A* – дискретное, конечное, строго упорядоченное множество ответов. Связь множества ответов с множеством вопросов формализует отношение $S_a \subseteq A \times Q$ – «ответ на вопрос», устанавливаемое экспертом. В большинстве тестов ответы на вопрос оцениваются как правильные либо неправильные. Однако при оценке преподавателем степени подготовки учащегося при личном собеседовании учитываются также частично правильные ответы, так как они позволяют определить пробелы в знаниях, умениях и навыках обучаемого. Степень правильности ответа позволяет учесть нечеткое отношение $\tilde{S}_a \subset S_a$, $\tilde{S}_a = \left\{(a,q), \mu_{\tilde{S}_a}(a,q)\right\}$.

Поскольку носители всех вышеперечисленных нечетких множеств и отношений конечны, дискретны и относительно небольшой мощности, то данные нечеткие множества и отношения задаются в форме списка.

Тестируемый, отвечая на вопрос, формирует подмножество $A' \subseteq A$ выбранных ответов. Тогда подмножество $A' \subseteq A$ и нечеткое отношение $\tilde{S}_a$ индуцируют в *Q* условное нечеткое подмножество $\tilde{Q}_A \subset Q$, отражающее степень правильности ответа на выданные вопросы. Очевидно, что max-min-представление условного нечеткого множества не подходит, т.к. для адекватной оценки ответа на вопрос одинаково важны оценки правильности всех выбранных ответов. Следовательно, в этом случае имеет смысл применить average-представление условного нечеткого подмножества $\tilde{Q}_A \subset Q$:

$$\mu_{\tilde{Q}_A}(q) = \frac{1}{K_A(q)} \cdot \sum_a \mu_{A'}(a) \cdot \mu_{\tilde{S}_a}(a,q),$$

где $K_A(q)$ – average-коэффициент правильностей выбранных ответов на вопрос *q*. При определении коэффициента $K_A(q)$ необходимо учесть строение тестовых заданий, в которых предусматривается *m* абсолютно правильных ответов. Учащийся, формируя ответ на вопрос тестового задания подобного типа, может указать в качестве ответа только один вариант, который окажется одним из правильных, при этом ответ не может считаться полностью правильным. Также возможен случай выбора в качестве ответа *m+1* варианта, что тоже нельзя оценить как полностью правильный ответ. Адекватно оценить степень правильности ответа позволяет введение коэффициента осреднения, учитывающего как количество вариантов ответа, указанных тестируемым, так и количество абсолютно правильных вариантов ответа. Таким образом, average-коэффициент $K_A(q)$ целесообразно определить следующим образом:

$$K_A(q) = \max\left\{\sum_{a\in A'}\mu_{S_a}(a,q), \sum_{a\in A'}\mu_{core\tilde{S}a}(a,q)\right\}.$$

Нечеткое множество $\tilde{Q}_A$ и отношение S_q^* индуцируют в Q условное нечеткое подмножество $Q_A^* \subset Q$, отражающее степень знания надвопросов тестовых заданий типа «Соответствие». Функцию принадлежности нечеткого подмножества Q_q^* целесообразно определить с учетом обычной практики оценивания на основе average-представления:

$$\mu_{\tilde{Q}_A^*}(q) = \frac{1}{K_Q^*(q)} \cdot \sum_{q^*}\mu_{\tilde{Q}_A}(q^*) \cdot \mu_{S_q^*}(q^*, q),$$

где $K_q^*(q)$ – average-коэффициент оценок уровня знания подвопросов вопроса q. Очевидно, что оценку степени знания надвопроса в равной степени определяют оценки знания каждого из подвопросов. С учетом этого, average-коэффициент $K_q^*(q)$ имеет смысл определить следующим образом:

$$K_Q^*(q) = \sum_{q^*}\mu_{S_q^*}(q^*, q).$$

Таким образом, на множестве Q формируются нечеткие подмножества $\tilde{Q}_A \subset Q$ и $Q_A^* \subset Q$, отражающие правильность ответа учащегося на вопросы различных типов. Тогда оценить правильность ответа на вопрос любого типа позволяет объединение данных нечетких множеств в нечеткое множество «правильный ответ»: $\tilde{A} = \tilde{Q}_A$, $\tilde{A} \subset Q$. Функция принадлежности нечеткого множества $\tilde{A}$ имеет вид:

$$\mu_{\tilde{A}}(q) = \max\left\{\mu_{\tilde{A}'}(q), \mu_{\tilde{A}^*}(q)\right\}.$$

После окончания тестирования следует определить интегральную оценку подготовки – оценить степень знания каждой из тем, по которой проводилось тестирование, и умения применять эти знания на практике. Нечеткое множество $\tilde{Q} \subset Q$, отношение S_q индуцируют условное нечеткое подмножество $\tilde{T}_Q \subset T$, отражающее степень знаний, умений и навыков. Условное нечеткое множество $\tilde{T}_Q$ возможно определить на основе average-представления:

$$\mu_{\tilde{T}_Q}(t) = \frac{1}{K_Q(t)} \cdot \sum_{q}\mu_{\tilde{Q}}(q) \cdot \mu_{S_q}(q,t),$$

где $K_Q(t)$ – average-коэффициент оценок правильности ответов учаще-

гося на вопросы темы *t*. Обозначим через Q' множество всех вопросов, выданных при тестировании $(Q' \subseteq Q)$, тогда average-коэффициент можно определить формулой

$$K_Q(t) = \sum_{q \in Q'} \mu_{S_q}(q,t).$$

Согласно принципу обобщения, состав и структура профессиональных знаний формируются в результате построения нечетких подмножеств множества E, последовательно обусловливающих друг друга:

$$A' \sim \xrightarrow[\tilde{S}_a \circ S_q^*]{\text{av}} \tilde{A}\,;\ \tilde{Q} \sim \xrightarrow[S_q \circ S_t]{av} \tilde{T}\,,$$

где $\sim \xrightarrow{\text{av}}$ – обозначение операции индуцирования в average-форме. Состав и структуру персональных знаний отражает нечеткий ориентированный граф $\tilde{G}' = (E', S', \mu_{\tilde{G}'}(e'), \mu_{\tilde{G}'}(s'))$.

Заключение

Реализация описанной математической модели в СДО позволяет значительно повысить степень полноты и достоверности оценки знаний, умений, навыков учащегося благодаря учету различных факторов, влияющих на ответ учащегося при компьютерном тестировании, и, что самое важное, степени их влияния.

Список литературы

1. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: пер. с фр. – М.: Радио и связь, 1982.

2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.

3. Макарычев П.П., Денисова И.Ю. Информационные обучающие системы: монография. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008.

Работа представлена д.т.н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.
Дата представления работы: 02.02.2011.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

И.А. Казакова

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»
***Россия,** 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40*
kia-2011@yandex.ru

В статье рассмотрены базовые алгоритмы интеллектуального анализа данных: классификация, кластеризация, регрессия, поиск ассоциаций, анализ последовательностей. На основе их рациональной интеграции предлагаются наиболее оптимальные варианты использования этих алгоритмов в социальной сфере.

INTELLIGENT DATA ANALYSIS IN THE SOCIAL SPHERE

I.A. Kazakova

The article describes the basic algorithms of data mining such as classification, clusterization, regression, search association and analyse of sequences. On basis of their rational integration the most optimum alternatives of usage this algorithms for solution of social field are suggested.

Актуальность работы

Задачи интеллектуального анализа данных стали актуальными в связи с накоплением огромных объемов информации самого разного вида в компьютерных базах данных. Пользоваться этой информацией традиционными способами трудно. Стремительное развитие вычислительной техники и программной инженерии позволяет разрабатывать новые методы и средства обработки информации.

Алгоритмы интеллектуального анализа данных

Как правило, для решения одной и той же бизнес-задачи можно использовать различные алгоритмы интеллектуального анализа данных. Выбор наиболее эффективного алгоритма для конкретной задачи может стать достаточно сложной проблемой. Каждый из этих алгоритмов выдает различный результат, а некоторые алгоритмы даже могут выдавать более одного типа результатов.

Считается, что алгоритмы следует применять независимо друг от друга. На самом деле наиболее перспективной является возможность использовать несколько алгоритмов для предварительного просмотра данных, а затем на основе полученных результатов предсказать окончательный итог с помощью других алгоритмов. Например, с помощью алгоритма кластеризации, распознающего закономерности, можно разделить данные на достаточно однородные группы, а затем использовать эти результаты для создания более точной модели дерева принятия решений.

Алгоритм в первую очередь создает модель интеллектуального

анализа данных. Для создания модели сначала анализируется набор данных с целью поиска определенных закономерностей. Далее алгоритм, используя результаты анализа, определяет параметры модели интеллектуального анализа данных. И наконец, эти параметры применяются ко всему набору данных для выявления общих закономерностей и получения статистики.

В технологиях *интеллектуального анализа данных* используются различные математические методы и алгоритмы. Базовыми являются алгоритмы классификации, кластеризации, регрессии, поиска ассоциаций, анализа последовательностей [1].

1. Алгоритмы классификации выявляют признаки, характеризующие группу, к которой принадлежит тот или иной объект. Часто это самый первый этап исследования данных. Этот алгоритм хорошо работает для прогнозирования и дискретных, и непрерывных атрибутов. При построении модели алгоритм анализирует, как каждый входной атрибут в наборе данных влияет на результат прогнозируемого атрибута. В результате применения этого метода к исходным данным создается иерархическая (древовидная) структура правил вида «Если..., то...». На каждом этапе анализа выделяются наиболее значимые условия и переходы между ними. Этот алгоритм широко применяется для выявления причинно-следственных связей в данных, например, для прогнозирования того, купит ли получатель целевой рассылки определенный продукт.

2. Алгоритмы кластеризации делят данные на однородные группы или кластеры элементов, имеющих одинаковые характеристики. Кластеризация отличается от классификации тем, что группы заранее не заданы. Объекты распределяются по группам таким образом, чтобы межгрупповые отличия были максимальными, а внутригрупповые – минимальными. Методы кластеризации позволяют перейти от представления объектов к представлению групп произвольных объектов, а это значительно упрощает оперирование ими. Например, можно провести кластеризацию районов города по уровню достатка жителей, что будет способствовать более адекватному ценообразованию.

3. **Регрессивные а**лгоритмы используются в том случае, если отношения между атрибутами объектов в БД выражены количественными оценками [2]. Они осуществляют прогнозирование одной или нескольких постоянно изменяющихся (зависимых) переменных (таких, например, как цена акции, величина прибыли или убытков) на основе других (независимых) атрибутов в наборе данных. Если удается построить шаблоны, адекватно отражающие динамику поведения целевых показателей, то с их помощью с большой вероятностью можно предсказать и поведение всей системы в будущем (например, составить прогноз продаж на следующий год).

4. Алгоритмы поиска ассоциаций осуществляют поиск устойчивых комбинаций элементов в определенных событиях или объектах. Ассоциация возникает в том случае, если несколько событий связаны друг с другом. Чаще всего этот алгоритм применяется для анализа потребительской корзины. Алгоритм поиска ассоциаций просматривает транзакции для нахождения товаров, которые с наибольшей вероятностью появятся вместе в транзакции одного покупателя. Такие товары группируются в наборы, и генерируются правила, которые затем можно использовать для прогнозирования. Самыми известными иллюстрациями данного алгоритма являются выявленные устойчивые ассоциации вида «хлеб – молоко», «телевизор – DVD-проигрыватель», которые нашли широкое использование в розничной торговле.

5. Алгоритмы **анализа** последовательностей обобщают часто встречающиеся последовательности данных, например, поток данных в Интернете. Под последовательностью в данном контексте понимается цепочка связанных во времени событий. Этот алгоритм сочетает анализ последовательности операций и кластеризацию. Здесь важна последовательность возникновения событий. С помощью этого алгоритма можно создать модель, в которой есть корреляция между последовательной и непоследовательной информацией. Алгоритм кластеризации последовательностей используется при анализе трафика Web-сайта для анализа маршрута перемещения пользователя по страницам, а также при прогнозировании того, какие страницы сайта будут пройдены в дальнейшем.

Обзор типичных задач интеллектуального анализа данных в социальной сфере

Социальная сфера – совокупность отраслей, предприятий, организаций, непосредственным образом связанных и определяющих образ и уровень жизни людей, их благосостояние и потребление.

Среди всего многообразия можно выделить основные типы задач, решаемых методами интеллектуального анализа данных и характерных практически для всех отраслей социальной сферы [3]:

– анализ эффективности работы персонала фирмы. Производительность труда служащих зависит от опыта работы, уровня подготовки, размера оплаты труда и некоторых других факторов. Установив степень влияния этих факторов, можно выработать методику повышения производительности труда и разработать оптимальную стратегию подбора кадров в будущем;

– прогнозирование. При составлении бюджета фирмы необходимо прогнозировать многие параметры, в частности объемы продаж, с учетом различных взаимосвязанных факторов: общеэкономических, региональных, сезонных и т.п.;

– маркетинговый анализ. Выявляется зависимость потребитель-

ского спроса от таких факторов, как стоимость товара, затраты на рекламу и т.д.;

– сегментация клиентов, то есть определение группы клиентов, сотрудничество с которыми наиболее выгодно. Это можно назвать формированием портрета «типичного клиента компании». Разбивая клиентов на различные категории, фирма делает свою маркетинговую политику более целенаправленной и результативной, предлагая различные виды услуг разным группам клиентов. Здесь также важно выяснить, почему работа с некоторыми клиентами стала неэффективной, и выработать стратегию поиска подходящих клиентов в будущем;

– оценка потенциальных клиентов. Выявляются характерные особенности заявок, которые действительно закончились продажами. Полученные результаты используются для планирования переговоров и сделок;

– анализ работы региональных отделений компании;

– анализ отклонений; например, выявление нетипичной сетевой активности позволяет обнаружить вредоносные программы;

– сравнительный анализ конкурирующих фирм.

Заключение

Таким образом, по результатам работы можно утверждать, что в настоящее время интеллектуальный анализ данных занял прочные позиции в социальной сфере. Кроме того, этот метод можно широко использовать и во многих других сферах деятельности современного общества. Наблюдается постепенное проникновение технологий интеллектуального анализа данных в другие отрасли – медицину, биохимию, генетику.

Список литературы

1. Давыденко В. Data Mining – интеллектуальный анализ данных // Программные продукты и системы. – 2007. – № 3(79). – С. 20 – 31.

2. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: Изд-во Ин-та математики СО РАН, 1999. – 268 с.

3. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям. — СПб.: Питер, 2009. — 624 с.

Работа представлена д.т.н., профессором, заведующим кафедрой математического обеспечения и применения ЭВМ ГОУ ВПО «ПГУ» Макарычевым П. П.

Дата представления работы: 04.04.2011.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Е.А. Дзюба, С.В. Шибанов

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет»
***Россия**, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40*
pm@pnzgu.ru

При разработке информационных систем независимо от модели жизненного цикла в различных формах накапливается и сохраняется семантика. Использование метаданных в рамках единого хранилища позволит вносить и уточнять информацию на любом этапе жизненного цикла. Метаданные системы можно получать детализацией метазнаний на уровне конкретной информационной системы. В основе метазнаний лежит схема Захмана, представленная онтологией. Она является основой стратегии конструирования ИС.

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS FOR KNOWLEDGE-BASED DESIGN

E.A. Dzyuba, S.V. Shibanov

When developing information systems, regardless of the life cycle model in various forms is collected and stored semantics. The use of metadata in a single repository will make and update information at any stage of their life cycle. System of metadata can be obtained at the level of detail metaknowledge particular information system. At the core lies metaknowledge scheme Zachman, representing ontologies. It is the basis for designing strategies for information systems.

Актуальность работы и постановка задачи

В общем случае жизненный цикл (ЖЦ) информационных систем (ИС) включает следующие стадии: планирование и анализ требований, проектирование, реализация, внедрения, эксплуатация. На каждой из этих стадий готовится определенный набор знаний, отражающих ход разработки и сопровождения информационной системы. На этапе планирования и анализа требований проводится исследование и анализ предметной области, анализ существующих информационных систем, определяются требования к создаваемой ИС, формируются технико-экономическое обоснование и техническое задание на разработку ИС. В соответствии с требованиями на этапе проектирования формируются состав автоматизируемых функций (функциональная архитектура) и состав обеспечивающих подсистем (системная архитектура), проводится оформление технического проекта ИС. При проведении физического проектирования и кодирования разрабатываются и настраиваются программы, формируются и наполняются базы данных, формулируются рабочие инструкции для персонала, оформляется рабочий проект. На ста-

дии внедрения (опытной эксплуатации) проводится комплексная отладка подсистем ИС, обучение персонала, поэтапное внедрение ИС в эксплуатацию по подразделениям организации, оформление акта о приемо-сдаточных испытаниях ИС. Эксплуатация сопровождается сбором рекламаций и статистики о функционировании ИС, исправление недоработок и ошибок, оформление требований к модернизации ИС и ее выполнение.

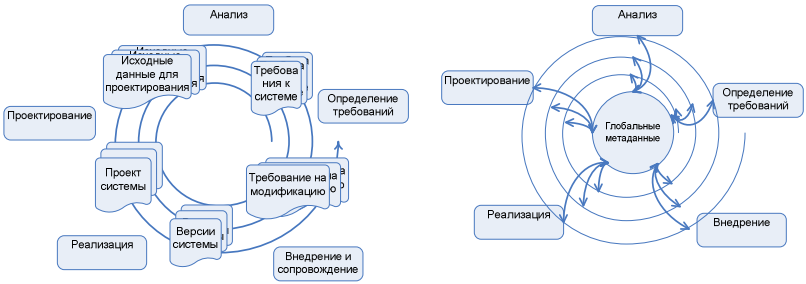
При использовании каскадной модели ЖЦ между этапами передаются результаты выполнения каждого из этапов. При использовании средств автоматизации (CASE-средств) результаты выполнения этапов предоставляются в виде локальных метаданных. Каскадная модель разрешает возвращаться к уже завершенным этапам и выполнять их повторно. При этом результаты, полученные ранее, а следовательно, и метаданные, будут уточняться и изменяться.

Рис. 1. Каскадная модель жизненного цикла информационных систем с использованием локальных (а) и глобальных (б) метаданных

Использование единых глобальных метаданных позволяет накапливать и уточнять знания об информационной системе в рамках единого хранилища.

Так же можно рассматривать и спиральную модель жизненного цикла информационной системы. С каждой итерацией по спирали (продвижением от центра к периферии) строятся все более полные версии программного обеспечения (ПО). Каждый виток спирали соответствует созданию нового фрагмента или версии ИС, на нем накапливаются и уточняются знания об информационной системе, определяется его качество и планируются работы следующего витка спирали (рис. 2).

Независимо от модели жизненного цикла использование глобальных метаданных позволит в едином хранилище накапливать знания о проектируемой ИС, тем самым корректно выделить и распределить задачи между разработчиками информационной системы, упростить процедуру внесения изменений в логику работы ИС на этапе сопровождения, а главное, позволит автоматизировать конструирование ИС.



а *б*

Рис. 2. Спиральная модель жизненного цикла информационной системы с использованием локальных (а) и глобальных (б) метаданных

Схема Захмана – основа конструирования знаний об ИС

Джон Захман предложил схему архитектуры ИС, которая изначально использовалась для моделирования различных аспектов ИС (рис. 3). В этой схеме, изображаемой в виде таблицы, различают несколько уровней представления итерационного процесса проектирования, который определяется требованиями участников проекта. Различные участки проекта, такие как данные, функции, сеть, пользователи, время и мотивации, рассматриваются в разрезе отдельных уровней жизненного цикла проекта — контекстного, концептуального (модель бизнеса), логического (модель информационной системы), структурного (технологическая модель), физического (детального представления) и функционального (функционирования системы). Начальное планирование и анализ требований обычно определяют уровни модели бизнеса в схеме Захмана. Представления проектировщика (модель информационной системы) – это проект системы, обеспечивающей удовлетворение требований, которые, в свою очередь, описываются представлениями заказчика. Структурный анализ, информационное моделирование и некоторые виды прототипирования являются методами, которые могут быть использованы для формирования представления проектировщика.

Технологические аспекты начинают играть роль при формировании точки зрения разработчика, что соответствует технологической модели и детальному представлению. Функционирование системы подразумевает ежедневную поддержку работоспособности системы и ее мониторинг, а также повседневное использование системы

Три аспекта, рассмотренные в классической схеме, приводят к различным архитектурным представлениям каждой из точек зрения. Аспекты соответствуют вопросам «что?», «как?» и «где?», относящимся к ИС. Каждому аспекту соответствуют разные методы формирования представления.

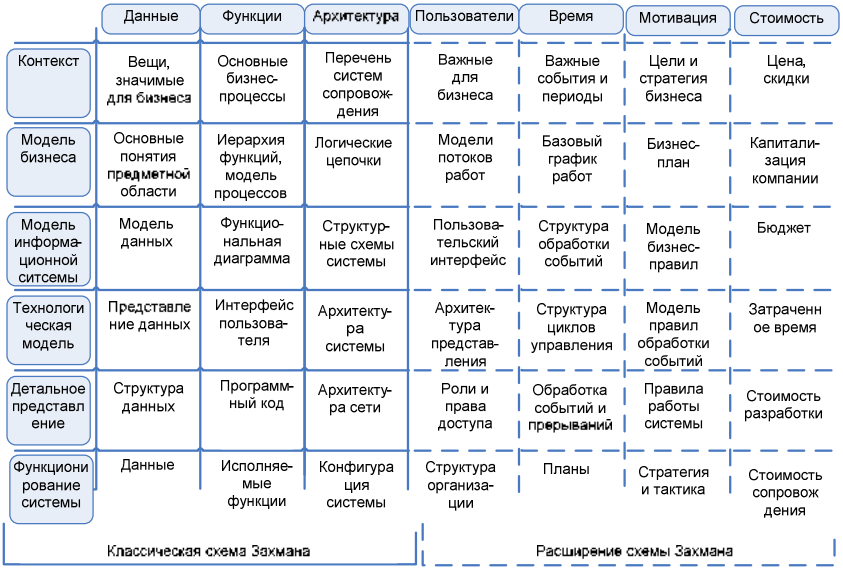


Рис. 3. Классическая схема Захмана и ее расширения

Схема Захмана может расширяться при внесении дополнительных аспектов рассмотрения проектирования ИС. Расширение схемы подчеркивает важность различных аспектов для информационных систем. Основная идея заключается в том, чтобы обеспечить возможность последовательного описания каждого отдельного аспекта системы в координации со всеми остальными. Для любой достаточно сложной системы общее число связей, условий и правил обычно превосходит возможности для одновременного рассмотрения. В то же время отдельное, в отрыве от других, рассмотрение каждого аспекта системы чаще всего приводит к неоптимальным решениям как в плане производительности, так и стоимости реализации.

Все аспекты имеют различную природу. Это не просто набор представлений, уровень детальности которых увеличивается с прохождением каждого нового этапа. Уровень детальности – это независимая переменная, меняющаяся внутри каждого архитектурного представления. Модель Захмана основана на дисциплине классической архитектуры и обеспечивает общий словарь и набор структур (framework) для описания современных сложных информационных систем, то есть для создания метазнаний информационных систем.

Модели метазнаний для разработки ИС

Существуют десятки моделей (или языков) представления знаний для различных предметных областей. Большинство из них может быть

сведено к следующим классам: продукционные модели, семантические сети, онтологии, фреймы, формальные логические модели.

Онтологические системы активно применяются для решения задач в сфере бизнеса, создания интеллектуальных систем, представления знаний в Интернет. Онтология состоит из терминов (понятий), отношений между ними, а также связанных с ними аксиом и правил вывода. Отношения представляют тип взаимодействия между концептами предметной области. Пример бинарного отношения – «part-of» (является частью). Аксиомы используются для моделирования утверждений, которые всегда являются истинными.

Словарь терминов в определенной прикладной области – тезаурус со своими понятиями (концептами), и связи, которые определяют термины естественного языка, могут рассматриваться как онтология, которая была выбрана для представления метазнаний об информационных системах.

В основу стратегии конструирования систем ложится схема Захмана, определяя тезаурус (концепты) для построения метазнаний. Детализация каждого элемента схемы Захмана соответствует построению онтологий, описывающих этапы проектирования ИС. Данные об информационной системе, которые будут получены вследствие детализации (уточнения) онтологий метазнания, будут являться метаданными данной информационной системы. Данные будут добавляться в модель метаданных по мере обхода метазнаний по связям «is-a» и «part-of». На основе полученных (извлеченных) метаданных будет производиться автоматизация конструирования информационной системы.

Заключение

Модель ЖЦ ИС отражает этапы анализа предметной области, проектирования, разработки, внедрения и сопровождения программного продукта. При этом в любой ИС в различных формах накапливается и сохраняется семантика, характеризующая работу этой системы. Схема Захмана является основой стратегии конструирования ИС. При конструировании информационных систем метазнания об информационных системах можно представить в виде онтологии, концептами которой будут являться основные понятия схемы Захмана. При детализации метазнаний на уровне конкретной ИС будут агрегироваться метаданные данной ИС, что позволит автоматизировать процесс конструирования и сопровождения системы.

Список литературы

1. Управление жизненным циклом информационных систем на основе интегрированного представления семантики предметной области / Казаков Е.А., Дубровина Е.Н., Майоров А.В., Шибанов С.В. // Новые информационные технологии и системы: материалы VII междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – С. 162-166.

2. A framework for information systems architecture // IBM SYSTEMS JOURNAL. – 1987. – V. 26. – № 3.

3. Разработка моделей, методов и программных средств интеграции семантики предметной области для построения многоуровневых распределенных информационных систем / Тамбовцев Д.П, Казаков Е.А., Дубровина Е.Н., Майоров А.В., Шибанов С.В. // Сб. материалов Всерос. конкурса инновационных проектов аспирантов и студентов по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». – М.: ГНИИИТТ «Информика», 2006. – С. 120-125.

4. Разработка многоуровневых распределенных информационных систем на основе интегрированного семантического представления // Дубровина Е.Н., Казакова Е.А., Майоров А.В., Катыков И.А, Шибанов С.В. / Технологии Microsoft в теории и практике программирования: материалы конференции. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 2007. – С. 76-79.

5. Гаврилова, Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000.

Работа представлена д.т.н., профессором, заведующим кафедрой математическое обеспечения и применения ЭВМ Пензенского государственного университета Макарычевым П.П.

Дата представления работы: 18.03.2011.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ КРЕДИТОВАНИИ

М.В. Артеменко, С. В. Колоткова

ГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»,
***Россия**, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94*
Svetlyachok-46@yandex.ru

В настоящее время одним из социальных факторов развития общества является процесс потребительского кредитования. В связи с развитием методов субъективного и объективного системного анализов появились предпосылки формализации субъективных факторов при управлении рисками в процессе заключения договорных обязательств между заемщиком и кредитором. В работе рассматриваются вопросы построения правил вывода в условиях неопределенности (нечеткости) и формализация процесса заключения договора с учетом риска и осторожности заемщика, кредитора и поручителя, принадлежащих различным этическим системам.

INFORMATION SUPPORT OF ADMINISTRATIVE DECISIONS IN CONSUMER CREDITING

M. V. Artemenko, S.V. Kolotkova

Presently one of social factors of development of society is a process of the consumer crediting. Due to development of methods of subjective and objective system analyses there appeared pre-conditions of formalization of human factors appeared at a management risks in the process of conclusion of contractual obligations between a borrower and creditor. The questions of construction of inference rules under the conditions of vagueness and formalization of process of conclusion of treaty taking into account a risk and carefulness of borrower, creditor and guarantor belonging to different ethics systems are considered.

Актуальность работы

Основным фактором потребительского кредитования является объективная оценка кредитоспособности заемщика для гарантии возврата ссуды. В отличие от других кредитов, объектом потребительского кредита могут быть и товары, и деньги. На сегодняшний день исходным моментом в кредитовании потенциального клиента является определение возможности заемщика вернуть основную сумму кредита в обусловленное время и уплатить проценты за пользование им.

Применяемые в настоящее время способы оценки кредитоспособности ссудозаемщика опираются, главным образом, на анализ его деятельности в предшествующем периоде и ориентированы, в основном, на анализ сопроводительных документов и решение расчетных задач.

Актуальным становится факт максимальной автоматизации этого процесса. Однако только по документам часто не обеспечивается объективная оценка кредитоспособности, поскольку эти данные не могут исчерпывающе характеризовать платежеспособность потенциального заемщика в будущем. Эти факторы обусловливают необходимость добывания дополнительной информации о клиенте, которая объективно носит нечеткий, недоопределенный характер.

Субъекты потребительского кредитования как представители различных этических классов

При решении вопроса о заключении договора кредитования имеют место два аналитических процесса взаимодействия информационно-аналитических систем: объективный – оценка рисков заключения и дальнейшего надлежащего исполнения договорных обязательств кредитором и заемщиком, а также субъективный – непосредственное заключение сделки представителями кредитора и заемщиками (так называемый «человеческий фактор»). Вопросам оценки риска кредитования при объек-

тивном анализе посвящено достаточно много исследований, представленных, например, в работах [2– 8].

Применению аппарата субъективного анализа при кредитовании в настоящее время уделяется мало внимания, между тем как на этапе заключения сделки (оформление договора) доминирует «человеческий фактор». Теоретические основы субъективного анализа приведены в работе [1], вопросы формализованного описания отношений между людьми в процессе их взаимоотношений друг с другом при принятии решений изучаются Лефевром В.А. [5] и его последователями. В частности, ими представители подразделяются на два больших класса этических систем согласно их миропониманию и, следовательно, характеру принимаемых решений при взаимодействии информационных систем:

1 этическая система: «компромисс добра и зла есть зло», «конфронтация добра и зла есть добро»;

2 этическая система: «компромисс добра и зла есть добро», «конфронтация добра и зла есть зло».

В работе [5] доказывается, что человек, относящийся к первой этической системе, готов к компромиссу с партнером, второй – готов противопоставлять себя партнеру.

Таким образом, идентифицировав клиента банка к определенной этической системе, можно прогнозировать и управлять процессом заключения сделки на конечном этапе личностных взаимоотношений, поскольку «переход» личности из одной этической системы в другую (при необходимости или желании) во много раз более длительный во времени процесс, чем кредитование.

Формирование принятия решений по кредиту в зависимости от принадлежности субъекта к определенному этическому классу

Процесс заключения сделки – это по сути дела «игра» в терминологии теории принятия решений. Будем называть заемщика – игроком X, кредитора – игроком У, поручителей – игроками Z.

В [5] подчеркивается, что классическая теория игр описывает выбор осторожного игрока, однако при этом не решается проблема формального описания условий, при которых игроки готовы рисковать. Автором предлагается считать игрока склонным к осторожности, если он выбирает стратегию в соответствии с рекомендациями теории игр, и склонным к риску, если он готов выбрать опасную стратегию с вероятностью более 0,75.

В целях формализации рассмотрим следующие базовые положения.

На этапе оформления договорных обязательств по кредитованию игра происходит в рамках взаимоотношений X, Y, Z, принадлежащих определенным этическим системам, не меняющимся во время совершения сделки.

Риск определяется как мера неопределенности принятия решения игрока У при действиях игрока Х в условиях информированности о внешней среде (экономического характера) игроков Iхе и Iуе и информированности игрока У о возможных действиях игрока Х – Iух. Обозначим «риск» как $R_{y\to x}$. Тогда: $R_{y\to x} = F_1(I_{xe,} I_{ye,} I_{yx,})$. ($F_1$ – модель, позволяющая идентифицировать количественное значение $R_{y\to x}$ в зависимости от информированности, $R_{y\to x} \in [0,1]$). Информированность определяется анализом ответов на анкеты, аналитическими отчетами экспертов, рекламной компанией банка и т.п.

Осторожность определяется как мера неопределенности принятия решения игроком У в условиях (четкого или нечеткого) знания «риска» и оценки собственных возможностей определения оптимальной стратегии игры с учетом максимизации предпочтительности действий в данном случае Ре. Обозначим осторожность как $C_{y\to x}$. Тогда $C_{y\to x} = F_2(R_{y\to x}, \mu_{R_{e\to x}}, P_e)$ ($\mu_{R_{e\to x}}$ – функция принадлежности на носителе $R_{y\to x}, C_{y\to x} \in [0,1]$).

$R_{y\to x}$, $C_{y\to x}$ изменяются во времени, являются наблюдаемыми, управляемыми и обладают свойствами саморегуляции, что позволяет наблюдать эффект резонанса во время совершения или расторжения сделки.

Действия игроков в определенных условиях в конкретный момент времени могут быть представлены множеством различных вариантов решений $\{V\}_n$ (n – количество вариантов решений), для каждого из которых с учетом накопленного опыта и применением аппарата системно-когнитивного анализа может быть вычислена оценка вероятности выбора определенного решения и получено множество $\{P_{V_i} / i = 1, n\}_n$. Тогда риск в силу введенного понятия определяется по формуле

$$R_{y\to x} = \frac{-\sum_{i=1}^{n}(P_{V_i} \cdot Ln(P_{V_i}))}{Ln(n)}. \qquad (1)$$

Осторожность определяется по следующей формуле или экспертным путем:

$$C_{y\to x} = P_e \cdot R_{y\to x}^2 \qquad (2)$$

Очевидно, что в данном случае функция принадлежности на носителе $C_{y\to x}$ совпадает с функцией принадлежности на носителе $R_{y\to x}$.

Таким образом, перед началом оформления сделки каждый из игроков характеризуется множествами $\{R_{y\to x}, C_{y\to x}, \mu_{R_{y\to x}}\}$ и $\{R_{x\to y}, C_{x\to y}, \mu_{R_{x\to y}}\}$ соответственно. Для поручителей характеризующие множества строятся аналогичным образом, но с учетом их отношений с заемщиком, т.е. в этом случае имеем для каждого поручителя характеризующее множество вида $\{R_{y\to z}, C_{y\to z}, R_{z\to x}, C_{z\to x}, \mu_{R_{y\to z}}\}$.

Допустим, игрок У решает вопрос (выбирает оптимальную стратегию) о предоставлении кредита Х, а игрок Х решает вопрос (выбирает оптимальную стратегию) возможности заема у игрока У. Для этого У каждому элементу множества $\{R_{y\to x}, C_{y\to x}, \mu_{R_{y\to x}}\}$ ставит в соответствие значение некоторой логической переменной К, принимающей значение «истина» в случае положительного решения о кредитовании и «ложь» в случае отказа в кредитовании, и значение логической переменной Z, принимающей значение «истина» в случае принятия решения о взятии кредита и «ложь» в случае непринятия данного решения. То есть имеем системы идентификаций для каждого элемента множества (3) и (4).

$$K = \begin{cases} \textit{истина, если } R_{y\to x} \le R_{por} \ \& \ C_{y\to x} \le C_{por}, \\ \textit{ложь, иначе}. \end{cases} \tag{3}$$

$$Z = \begin{cases} \textit{истина, если } R_{x\to y} \le R_{por} \ \& \ C_{x\to y} \le C_{por}, \\ \textit{ложь, иначе}. \end{cases} \tag{4},$$

где пороговые значения риска R_{por} и осторожности C_{por} определяются банком (кредитором) исходя из текущей ситуации экспертным путем с учетом принадлежности представителей кредитора и заемщика на этапе заключения сделки к определенной этической системе.

В последнем случае пороговые значения рекомендуются выбирать исходя из приведенных выше рекомендаций разрешения ситуаций Лефевра В.А. [5] по выбору опасной стратегии (табл. 1).

Положительное заключение договора о предоставлении кредита в конкретный момент времени следует принять в случае, если K=Z=«истина» и не будет этического конфликта между субъектами-личностями, представляющими игроков Х и У. Указанный конфликт на субъективном уровне может привести к решению в отказе предоставления кредита несмотря на положительное решение по результатам объективного анализа.

Таблица 1

Пороговые значения осторожности и риска кредитования

Этическая система	Система 1 игрока У	Система 2 игрока У
Система 1 игрока Х	$R_{пог}$=0.94 $C_{пог}$=0.88	$R_{пог}$=0.81 $C_{пог}$=0.66
Система 2 игрока Х	$R_{пог}$=0.81 $C_{пог}$=0.66	$R_{пог}$=0.44 $C_{пог}$=0.19

Согласно [9] стратегии разрешения противоречий на фиксированном уровне при принятии решений человеком в конфликтной ситуации выделяются четыре основные схемы его разрешения: «консерватизм и недоверие»; «частичная фальсификация и прагматизм»; «наивная переоценка и вера»; «полная фальсификация».

В рамках указанных схем при заключении договора о кредитовании игроки поступают следующим образом:

– схема 1: кредит не предоставляется, поскольку конфликтующие стороны не способны к компромиссу;

– схемы 2 и 3: кредит может быть предоставлен при условии формирования компромиссных условий;

– схема 4: кредит может быть предоставлен, если один из игроков полностью примет условия стратегии другого игрока («подавление»).

Допустим, что имеется ситуация, когда в процессе решения вопроса о кредитовании присутствует по одному игроку X, Y, Z, принадлежащему определенной этической системе. Возможности принятия решения в этом случае представлены в табл. 2 (цифрами обозначены номера этических систем – 1 и 2).

Таблица 2

Варианты возможности предоставления кредита

Этическая система У (кредитор)	Этическая система Х (заемщик)	Этическая система Z (поручитель)	Решение о предоставлении кредита
1	1	1	Положительное
1	1	2	Положительное
1	2	1	Положительное
1	2	2	Положительное
2	1	1	Положительное
2	1	2	Конфликт
2	2	1	Конфликт
2	2	2	Конфликт

Таким образом, в ходе управления разрешения конфликтов в процессе оформления договорных обязательств следует рассматривать три вида конфликтных ситуаций и соответствующих им управленческих или корректирующих воздействий со стороны кредитора (банка):

– конфликт 1-го рода: «поручитель не удовлетворен» – необходимо сменить поручителя;

– конфликт 2-го рода: «заемщик не удовлетворен» – нет частного решения;

– конфликт 3-го рода: «поручитель и заемщик не удовлетворены» – нет частного решения.

Заметим, что все указанные виды конфликтов разрешаются двумя путями: кардинальным – смены одного из игроков (поскольку заемщик изначально не меняется, то это означает смену выбора заемщиком кредитора – банка) или «предпочтительным», т.е. замены представителя кредитора или условий договора, представляющие возможность компромиссного решения.

Несложно заключить, что принадлежность «игрока» к определенной этической системе может быть выявлена путем анализа его ответа на вопрос: «Если у Вас появится возможность не выполнять кредитных обязательств, зная, что это незаконно, но ненаказуемо, Вы будете продолжать выполнять договорные обязательства?».

В случае положительного ответа на вопрос игрок соотносится к первой этической системе, в случае отрицательного – ко второй.

Поскольку данный вопрос является «прямым» и в зависимости от принадлежности игрока к определенной этической системе «степень правдивости» (морального выбора) может быть субъективно деформирована, то очевидно, что при проведении исследований на принадлежность одной из сторон определенной этической системе данный вопрос следует психологически «завуалировать».

В процессе принятия решения о заключении договора различными субъектами сделки В. А. Лефевром были предложены формальные модели субъекта, стоящего перед выбором одной из полярных альтернатив, одна из которых олицетворяет в нашем случае ссудозаемщика, «потенциально готового вернуть ссуду», а другая – ссудозаемщика, «потенциально готового стать нарушителем» [5]. Использованный при этом подход позволяет применить к психологическому материалу методы мягкого моделирования, то есть путем построения и исследования моделей выявить базовые закономерности человеческого поведения и дать прогностические результаты.

В. А. Лефевром была найдена функция, связывающая интенцию (намерение, желание) x субъекта выбрать позитивный полюс с его реальной готовностью X_1 сделать это [5].

Эта функция может быть записана как

$$X_1 = x_1 + (1 - x_1) \times (1 - x_2) \times M(x, y). \quad (5)$$

Здесь переменная x_1 характеризует «давление» внешнего мира в сторону позитивного полюса в настоящем; x_2 – «давление» в сторону

позитивного полюса, ожидаемое субъектом на основе его предшествующего опыта. Иными словами, x_2 есть влияние внешнего мира в сторону альтернативы, олицетворяющей для субъекта добро в прошлом.

Прогностическая функция M(x,y) соответствует оценке субъектом исхода сложившейся ситуации. Это суть картины будущего, имеющаяся у него. Входящая в эту функцию переменная y описывает кредитора, то есть отражает представление субъекта о том, какова готовность кредитора выбрать положительный полюс. Введение в рассмотрение этой переменной не представляется излишним усложнением модели: в реальности мы редко сталкиваемся с ситуацией, когда выбор человека целиком и полностью зависит лишь от его собственной интенции. При создании автоматизированной системы ведение бизнес-разведки должно быть направлено на определение совокупности данных, позволяющих определять описанные переменные.

Заключение

Таким образом, предлагаемые процедуры позволяют получать значения функций принадлежности при синтезе и анализе математических моделей, построенных на нечетких множествах, характерных для систем принятия решений социально-экономической направленности или иных задач в условиях неопределенности или недостаточной организованности на множестве гетерогенных характеристик.

Список литературы

1. Касьянов В.О. Субъективный анализ: монография. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.

2. Качаева М. В. Рейтинг заемщика как отражение модели оценки кредитного риска // Банковское обозрение, 2010. – № 10.

3. Лебедев Е.А. Оценка рисков кредитования физических лиц // Научный журнал КубГАУ. – 2006, янв.

4. Лебедев Е.А. Прогнозирование кредитоспособности физических лиц на применения АСК-анализа // Научный журнал КубГАУ. – 2006, сент.

5. Лефевр В.А. Алгебра совести: пер. с англ. – М.: Когнито-Центр, 2003. – 426 с.

6. Методы управления кредитным риском в рыночных условиях / Н.Е. Письменная [и др.] // Вестник СевКавГТУ. – 2003. – №3.

7. Тавасиев А.М., Мурычев А.В. Антикризисное управление кредитными организациями. – М.: Юнити-Дана, 2010. – 544 с.

8. Финлей С. Управление потребительским кредитованием. Как банкам привлечь клиентов и при этом не потерять на плохих кредитах – М.: Гревцов Букс, 2010. – 328 с.

9. Интеллектуальный анализ временных рядов: учеб. Пособие /

Н.Г. Ярушкина, Т.В. Афанасьева, И.Г. Перфильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 320 с.

10. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.

11. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. Сер.: Основы информационных технологий. – СПб.: Интернет-университет информационных технологий, Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 320 с.

Работа представлена д.т.н., профессором кафедры информационных систем и технологий ГОУ ВПО «ЮЗГУ» Сизовым А.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ IT-СПЕЦИАЛИСТОВ*

О.С. Логунова, В.В. Королева

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*

logunova66@mail.ru

В настоящее время сложилась устойчивая тенденция развития информационного пространства в обществе и требующая его наличия в высших учебных заведениях. Проблема структурирования информационного пространства в вузе является актуальной и довольно сложной. Его структура обеспечивает успешную качественную подготовку выпускника, способного ориентироваться в бесконечном пространстве информации.

STRUCTURE OF INFORMATION EDUCATIONAL SPACE FOR PREPARATION IT-MENEDGERS

O.S.Logunova, V.V.Koroleva

Now there was a steady tendency of development of information field in a society and demanding its presence in higher educational institutions. The problem of structurization of information field in high school is actual and enough difficult. Its structure provides successful qualitative preparation of the graduate, capable to be guided in infinite space of the information.

Актуальность работы

Подготовка специалистов по направлению «информатика и вычис-

* Работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по государственному контракту П2402 от 18.11.2009

лительная техника» выдвигает особые требования к формированию информационного пространства вуза.

Понятие «информационное пространство» объединяет два термина: «пространство» и «информация». В философской литературе категория «пространство» является одной из наиболее разработанных. Пространство и время – формы бытия материи. Пространство характеризуется такими свойствами как протяженность, структурность, сосуществование и взаимодействие элементов во всех материальных системах. Следовательно, это понятие используется для обозначения протяженных, структурированных и, что особенно важно, каким-либо образом скоординированных, т. е. взаимодействующих объектов бытия. Эти атрибутивные свойства наследуются не только физическим, но и любым другим видом пространства*.

Целью формирования информационного образовательного пространства вуза является создание и развитие устойчивого информационного потенциала для полноценного удовлетворения информационных потребностей обучающихся на основе разветвленной системы информационных ресурсов, их взаимодействия и обеспечения высокого уровня доступности путем их интеграции с российскими мировыми ресурсами.

Концептуальная модель энтропийного преобразования информации IT-специалиста

Одним из важных свойств информационного пространства является его структурированность, которая подразумевает определение его составных частей, их взаимодействие и упорядоченность в иерархии.

Информационное образовательное пространство вуза – это совокупность участников информационного процесса, информационных ресурсов, содержащих данные и сведения, зафиксированные на носителях информации, организационных структур, обеспечивающих функционирование и развитие единого информационного пространства, программно-технических средств и организационно-нормативных документов.

Одной из задач информационного пространства в многоуровневой системе подготовки IT-специалистов является снижение уровня социальной энтропии обучаемых за весь период образования. Модель изменения энтропии в процессе обучения приведена на рис. 1.

Модель, приведенная на рис. 1, содержит три уровня энтропии студента: $\mathcal{H}_0$ – уровень общего (среднего) образования; $\mathcal{H}_1$ – уровень профессиональной практической деятельности; $\mathcal{H}_2$ – уровень развитой научно-практической деятельности; $\mathcal{H}_3$ – уровень высокой креативной науч-

* Философский энциклопедический словарь. – 2-е изд. – М.: Сов. Энциклопедия, 1989. – 836 с.

ной деятельности. При прогрессирующей модели преобразования социальной энтропии формируется устойчивая тенденция:

$$\mathcal{H}_0 > \mathcal{H}_1 > \mathcal{H}_2 > \mathcal{H}_3.$$

Структура информационного пространства

Среди особенностей подготовки специалистов по направлению «Информатика и вычислительная техника» следует отметить:

– высокий процент проведения аудиторных занятий с использованием средств вычислительной техники (более 40% для студентов-бакалавров и более 60% – для магистрантов);

– высокая скорость обновления технологий и соответствующих им теоретических и практических разработок.

Указанные особенности требуют разработки и развития информационного пространства с высокой способностью адаптации и высоким уровнем применения программных средств вычислительной техники. Пример структуры информационного образовательного пространства приведен на рис. 2.

Рис. 1. Концептуальная модель преобразования уровня социальной энтропии в процессе обучения

Рис. 2. Структура информационного образовательного пространства вуза для подготовки IT-специалистов в многоуровневой системе

Следует обратить внимание на то, что источники учебной и научной информации и образовательные технологии разделяются на традиционные и новые, которые характеризуются использованием средств вычислительной техники и коммуникации. Нельзя утверждать, что новые средства должны преобладать над традиционными. Они должны существовать гармонично, добавляя и расширяя друг друга.

При реализации информационного пространства студента возникает ряд сложностей в организации:

– наличие противоречий между способностью и готовностью студента воспринимать обучение с использованием новых технологий и готовностью вуза в их предоставлении;

– отсутствие или слабое развитие системы автоматизированного управления обучением в вузе;

– недостаточное техническое обеспечение образовательного процесса;

– отсутствие системно организованной структуры подготовки в едином формате учебного, учебно-методического и инструкционного материала;

– необходимость реорганизации библиотечных структурных подразделений, в ходе которой появляется возможность предоставления широкого доступа к электронному библиотечному фонду.

Программные средства организации информационного пространства высшего учебного заведения

В настоящее время российскими и зарубежными разработчиками предлагаются к внедрению системы менеджмента образовательного процесса, автоматизированные обучающие системы и системы дистанционного обучения. Наиболее широко рекламируемой и свободно распространяемой является инструментальная оболочка Moodle, объединяющая в себе возможности организации дистанционного обучения, автодидактики, проверки знаний обучающихся и ведения статического учета результатов опроса.

К наиболее распространенным стандартам в сфере электронного обучения относятся следующие:

– IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers (Институт электротехники и электроники), Комитет технологии образовательных стандартов (LTSC – Learning Technology Standards Committee);

– AICC – Airline Industry Computer Based Training Committee (Международный комитет по компьютерному обучению в авиации);

– IMS – Instructional Management Systems (Системы организации обучения), Консорциум Всемирного Образования – Спецификация IMS – XML – базированный стандарт, описывающий структуру курса;

– ADL – Advanced Distributed Learning (Продвинутое распределенное обучение) и созданный ADL стандарт SCORM – Sharable Content Object Reference Model (Модель обмена учебными материалами);

– ARIADNE – Alliance of Remote Instructional Authoring & Distribution Networks for Europe (Консорциум АРИАДНА) (http://www.ariadne-eu.org) – стандартизация обмена учебным контентом для Европейского Союза.

Первая попытка стандартизации была предпринята в авиационной индустрии. В этой отрасли традиционно использовалось компьютерное обучение (главным образом с применением имитаций). Кроме того, при небольшом количестве поставщиков (производителей самолетов) присутствовало большое количество потребителей учебных программ (авиакомпаний).

В результате скоординированных действий потребителей и поставщиков была сформирована комиссия – AICC – Aviation Industry CBT Commission, разработавшая одноименный стандарт. AICC – первый и наиболее распространенный стандарт обмена учебными материалами

Стандарт AICC был построен на основе обмена текстовыми файлами и не в полной мере отражал новые возможности технологий Интер-

нет. Для создания нового стандарта был организован консорциум, в число участников которого вошли Apple, IBM, Oracle, Sun Microsystems, Microsoft, University of California – Berkley и.т.п. Консорциум был назван IMS Global Learning Consorium.

Основным недостатком существующих систем организации обучения является то, что в системах разных производителей управляющие функции (например, отслеживание пользования, обработка информации о пользователе, подготовка отчетов о результатах и т.д.) осуществляются по-разному. Это приводит к увеличению себестоимости учебных материалов. Объясняется это несколькими причинами. Во-первых, разработчикам учебных материалов приходится создавать отдельные прикладные программы для разных систем организации обучения для того, чтобы разрабатываемые ими учебные материалы могли успешно использоваться на разных платформах. Во-вторых, создатели систем организации обучения часто бывают вынуждены вкладывать деньги в разработку собственных средств авторизации учебных материалов.

Наконец, разработчики, как правило, не имеют возможности распределять затраты на разработку между продавцами и, кроме того, они ограничивают сбыт своей продукции потребителям, остановившим свой выбор на каких-то конкретных сериях их изделий.

Стандарты для метаданных определяют минимальный набор атрибутов, необходимый для организации, определения местонахождения и оценки учебных объектов. Значимыми атрибутами учебных объектов являются тип объекта, имя автора объекта, имя владельца объекта, сроки распространения и формат объекта. По мере необходимости эти стандарты могут также включать в себя описание атрибутов педагогического характера, таких как стиль преподавания или взаимодействия преподавателя с учеником, получаемый уровень знаний и уровень предварительной подготовки.

При выборе программного обеспечения для систем обучения можно учитывать следующие характеристики: надежность в эксплуатации; безопасность; совместимость (соответствие стандартам); удобство использования и администрирования; модульность; обеспечение доступа; стоимость ПО, сопровождения и аппаратной части.

Важно отметить, что многие из них перекрываются. Однако рассмотрение их по отдельности помогает глубже понять технические требования к системам обучения.

Приобретаемое программное обеспечение должно быть протестировано с теми браузерами, которые будут использовать обучаемые. Чтобы убедиться, что учебная программа работает на той платформе, на которой должна, необходимо осуществить тестирование по нескольким сценариям. Провести тестирование на нескольких компьютерах с различ-

ными вариантами браузеров и программами или необходимо дать жесткие рекомендации по конфигурации оборудования.

При подсчете цены нужно учитывать следующее: стоимость всего программного обеспечения (системы, операционной системы, СУБД, антивирусной программы, программного обеспечения для безопасности и т.д.); сопровождение; стоимость аппаратной части, включая: сервер; резервное питание; систему резервирования данных; сетевые и канальные средства; резервирование для «горячей» и «холодной» замены аппаратуры в случае выхода из строя.

Наиболее распространенными системами управления обучением являются: MOODLE – Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment; Claroline; Dokeos; ATutor; ILIAS; SAKAI; LAMS; OLAT; OpenACS; LRN; COSE; LON-CAPA; ELEDGE; Colloquia; OpenLMS; The Manhattan Virtual Classroom; DodeboLMS; Acollab.

В таблице приведен сравнительный анализ показателей для характеристики приведенных систем обучения.

Заключение

Таким образом, по результатам исследования можно утверждать, что:

1) переход на новые образовательные стандарты является неизбежным процессом, несмотря на малую и зачастую неверную информированность населения о преимуществах реформирования образования на всех существующих ступенях современного общества;

2) подготовка специалистов в области IT не может быть качественно выполнена без наличия структурированного информационного пространства, содержащего человеческие ресурсы, нормативные документы, источники учебной и научной информации, образовательные технологии, программные и технические средства;

3) в настоящее время довольно широко представлено программное обеспечение для реализации новых технологий в образовательной деятельности, однако оно имеет ряд недостатков: отсутствие во многих системах российской специфики организации учебного процесса в высших учебных заведениях; отсутствие поддержки русского языка; отсутствие российских сертификатов по защите информации в таких системах;

Результаты сравнительного анализа программного обеспечения для новых технологий в образовании

Показатель	*Программные средства для новых технологий в образовании*								
	Moodle	*LAMS*	*Sakai*	*ATutor*	*Claroline*	*Dokeos*	*OLAT*	*Open ACS*	*ILIAS*
SCORM	+	-	+	+	+	+	+	-	+
IMS	+	-	+	+	+	+	+	-	-
Языки приложения	PHP	Java	Java	PHP	PHP	PHP	Java		PHP
СУБД	MySQL	MySQL	MySQL, Oracle, hsqldb	MySQL	MySQL	MySQL	MySQL PostgreSQL	Oracle, PostgreSQL	MySQL
Лицензии	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL	GNU/GPL
Русский язык	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Другие языки	>54	20	28	>50	36	38	34	35	43
Система проверки знаний	тесты, задания, семинары, активность на форумах	тесты	тесты, задания, активность на форумах	тесты	тесты, упражнения	тесты	тесты, задания	тесты	тесты
Демонстрационный сервер	+	+	-	+	+	+	+	-	-

4) при подготовке специалистов необходима единая устойчивая тенденция к снижению информационной энтропии в процессе многоуровневого обучения за счет обеспечения единой линии образовательного процесса, учитывающей межпредметные взаимосвязи и требования работодателей.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ » Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 02.04.2011.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ БАНКОВСКОЙ СЛУЖБЫ SERVICE DESK*

В Д. Чебаненко, О.С. Логунова

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38*

logunova66@mail.ru

В работе представлены результаты исследований круглосуточной службы технической поддержки пользователей банковских систем автоматизации. Излагаются результаты идентификации законов распределения входного потока заявок.

IDENTIFICATION OF PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF DISTRIBUTION LAWS FOR MODELLING THE BANKS SERVICE DESK SYSTEM

V.D. Chebanenko, O.S. Logunova

This article presents the results of users round the clock technical support service of the banking automation systems. It sums up identification distribution laws of the requests input stream.

Актуальность

В настоящее время системы Service Desk имеют различную на-

* Работа выполняется в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по государственному контракту П2402.

правленность и специфику. Поэтому возникает проблема изучения распределения заявок, поступающих в эту службу для выделения в отделе технической поддержки необходимого количества рабочих мест и грамотной организации работы отдела (работа в выходные дни, работа в праздники, экстренные вызовы в ночное время, планирование отпусков работников)**. Для систем массового обслуживания, к которым можно отнести систему Service Desk, характерны проблемы:

– своевременно, быстро и качественно удовлетворить потребности всех клиентов компании;

– оптимальная организация штатного расписания отдела технической и программной поддержки банковской системы.

Целью работы является эффективная организация отдела технической и программной поддержки системы Service Desk для банковской организации.

Для достижения цели в работе решаются задачи:

– подготовка исходных данных о работе аутсорсинговой службы поддержки банковских систем за 2009 год, содержащих информацию о типе заявки, исполнителе, дате и времени поступления и исполнения;

– группировка заявок по виду ошибки, задачи, вопроса, подзадачи, нового функционала;

– оценка вида распределения поступления заявок в течение года, отдельного месяца, а также отдельно взятого дня.

Результаты исследования экспериментальных данных

Результаты исследования экспериментальных данных поступления заявок в аутсорсинговую компанию по обслуживанию банковских систем по месяцам 2009 года приведены на рис. 1.

В результате исследования распределения заявок по дням каждого месяца выявлено два основных вида распределения: распределение, близкое к нормальному (месяцы январь и март), как показано на рис. 2 и 3, а также распределение, близкое к равномерному с периодом повторения в 7 дней (остальные месяцы), как показано на рис. 4 и 5. На каждом из графиков наблюдается эффект «выходного дня», т.е. в выходные дни поступало крайне малое количество заявок.

** Крол С.А., Алёшин В.Д. Идентификация вероятностных характеристик законов распределения для имитационной модели службы Service Desk // Имитационное моделирование для науки и бизнеса xj technologies [Электронный ресурс]. – URL: http://www.xjtek.ru/anylogic/articles/81/

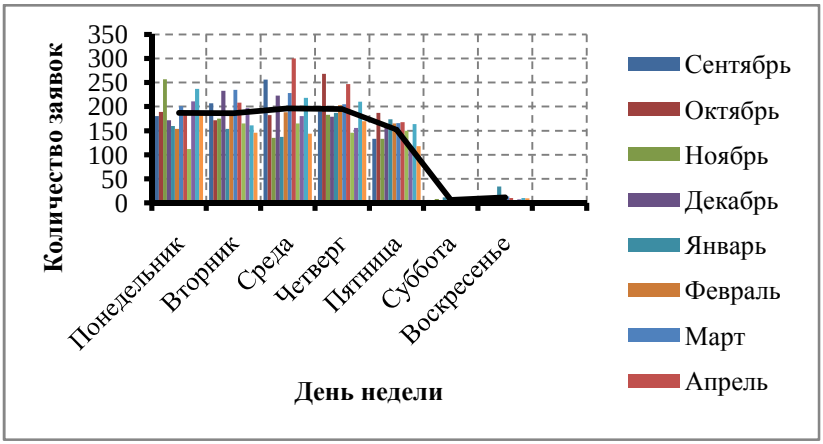


Рис. 1. Сравнительная диаграмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию, отсортированных по дням недели каждого месяца 2009 года

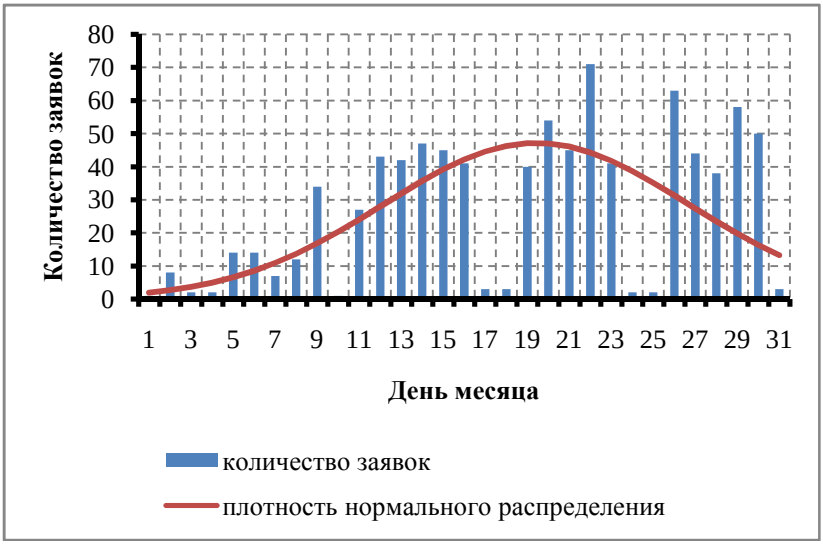


Рис. 2. Гистограмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию в январе 2009 года

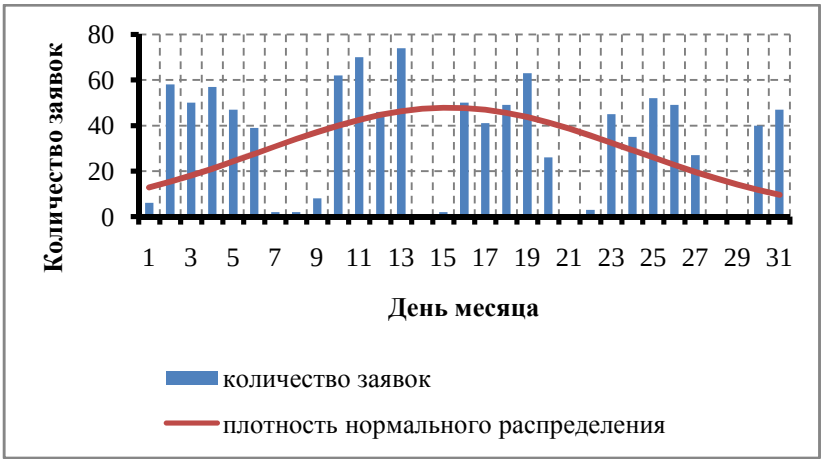


Рис. 3. Гистограмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию в марте 2009 года

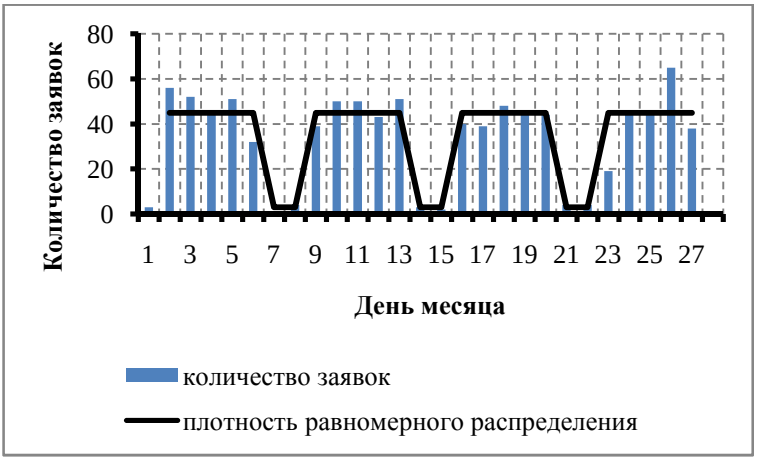


Рис. 4. Гистограмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию в феврале 2009 года

Также проводились исследования поступления заявок в аутсорсинговую компанию в течение дня по часам. Основной поток заявок приходится на рабочее время с 9 утра до 18 вечера. Распределение заявок в течение рабочего дня близко к нормальному, как показано на рис. 6 и 7. Для графической интерпертации выбраны дни недели: среда и пятница.

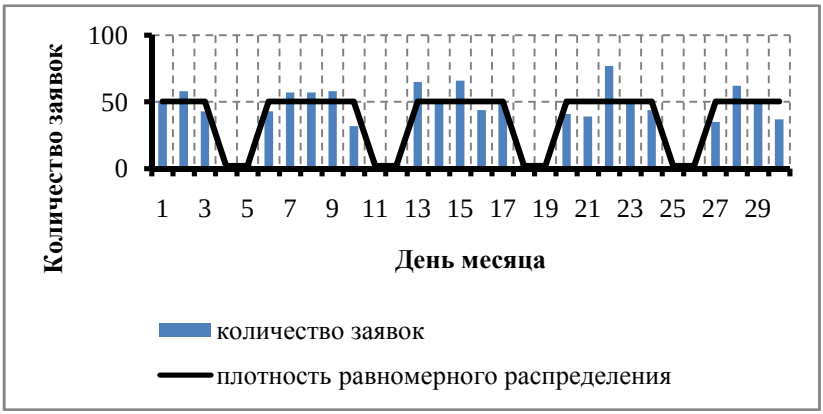


Рис. 5. Гистограмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию в апреле 2009 года

Рис. 6. Гистограмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию в течение 3 июня 2009 года

Рис. 7. Гистограмма поступления заявок в аутсорсинговую компанию в течение 5 июня 2009 года

Для 3 июня 2009 года величина среднего равна 14,3, а стандартное отклонение составило 3,5, для 5-го июня величина среднего равна 12,9, а стандартное отклонение составило 3,5. Это означает, что пиковая нагрузка на службу поддержки в течение рабочего дня приходится на два часа дня с разбросом около 3,5 ч.

Поступление заявок в выходные дни носит случайный характер, и для этих данных фактически невозможно определить вид распределения. Пример появления заявок в выходные дни приведен на рис. 8.

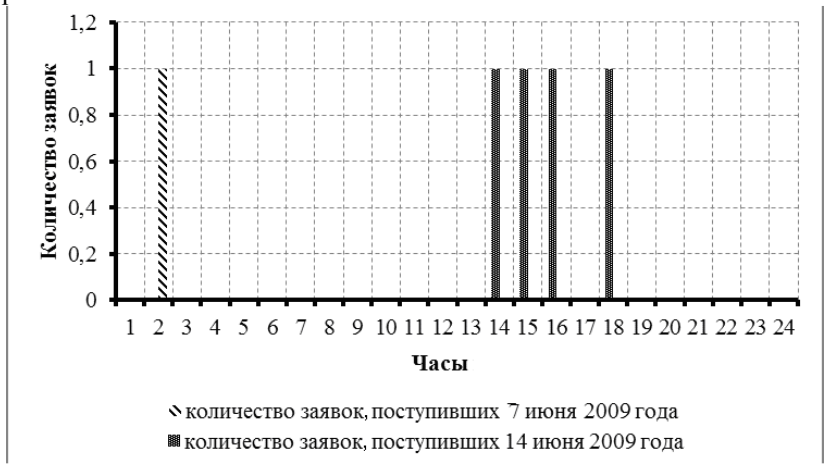


Рис. 8. Поступление заявок в выходные дни 7 и 14 июня (воскресенья)

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало, какие вероятностные распределения могут быть использованы при построении имитационной модели службы Service Desk для входного потока заявок. На данном этапе исследования можно сделать выводы: в выходные дни и ночные часы рационально составлять график дежурства по одному человеку из отдела; выбранный человек должен быть ответственен за заявки, поступающие в эти часы; так как в среднем пик поступления заявок приходится на 14 ч дня, сотрудникам рационально иметь скользящий график обеденного перерыва.

Работа представлена д.т.н., членом-корреспондентом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Ячиковым И.М.

Дата представления работы: 02.04.2011.

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ*

Е.А. Ильина, Ю.Б. Кухта, А.М. Сердобинцев

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

***Россия**, 455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38?*

dar_nas@rambler.ru

Одним из аспектов образовательной деятельности учебных заведений является контроль качества знаний студентов. Активное использование преподавателями средств вычислительной техники обеспечило предпосылки к автоматизации процесса математико-статистической обработки результатов контроля знаний студентов на всех этапах обучения. Автоматизированная обработка и анализ результатов контроля знаний студентов позволяет снизить влияние человеческого фактора на результат оценки.

* Работа выполняется в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», государственный контракт № 02.740.11.0422 от 30 сентября 2009 г.

DESIGNING'S FOR DEVELOPING OF SOFTWARE MODULE FOR MATHEMATICIAN INTERPRETATION OF TESTING RESULTS

E.A.Ilina, U.B.Kukhta, A.M. Serdobncev

One of the aspect of the educational activities of educational institutions is monitoring the quality of students' knowledge. Active using by teachers the computer equipment has provided preconditions to automate the process of mathematical and statistical processing of test results of students' knowledge at all phases of training. Automated processing and analysis of test results of students' knowledge can reduce the human impact on the final mark.

Актуальность работы

Повышение эффективности качества профессиональной подготовки в системе высшего образования является очевидным. Её необходимость связана с социально-экономическими преобразованиями и научно-техническим прогрессом. Информационное образовательное пространство, в условиях которого осуществляется непрерывная опережающая профессиональная подготовка кадров, требует навыков самостоятельной переработки больших объемов информации и принятия на их основе профессиональных компетентных решений.

Стремительный рост объема и сложности изучаемого материала привели к тому, что традиционная система обучения стала недостаточно эффективной и требует инновационных технологий, основанных на использовании информационно-вычислительной техники. Выполнение социального заказа на высокоэффективные технологии подготовки и переподготовки кадров потребовало создание устойчивой развивающейся системы непрерывной опережающей профессиональной подготовки кадров, обеспечивающей новое качество образовательной деятельности по реализации инновационных процессов с помощью единой информационной образовательной среды на основе платформы *Moodle* [1].

Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment – англ. модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда) – программный комплекс, распространяемый по принципу Open Source (открытый программные код, свободное использование). Moodle является свободной системой управления обучением (LMS – Learning Management System) и ориентирована на взаимодействие преподавателя и студента.

Одним из аспектом образовательной деятельности высших учебных заведений является система, контролирующая качества знаний студентов. Активное использование преподавателями средств вы-

числительной техники обеспечило предпосылки к созданию и использованию автоматизированных систем математико-статистической обработки результатов контроля знаний студентов на всех этапах обучения. Такие системы позволяют измерить уровень подготовленности, отслеживать рейтинг студентов, проводить мониторинг учебного процесса, организовать адаптивное обучение.

Имея модульную архитектуру и открытый код, среда Moodle позволяет добавлять и редактировать модули, в частности, отвечающие за статистическую обработку результатов контроля знаний студентов.

Проблематика работы

После сбора данных – результатов тестирования, начинается этап математико-статистической обработки результатов, который представлен в среде Moodle отчетами и гистограммами. Среда Moodle имеет широкие функциональные возможности быстрого создания отчетов по результатам прохождения тестов студентами [2].

В качестве примера можно привести статистику результатов тестирования определенной группы студентов (рис. 1).

На рис. 2 приводится гистограмма достижений студентов – распределение количества студентов по набранным баллам.

Одним из недостатков системы является невозможность системы построения гистограмм распределений по усвоенным дидактическим единицам.

Кроме представленных результатов в среде Moodle возможно выполнить анализ вопросов (рис. 3).

		Имя / Фамилия	Затраченное время	Оценка/10	#1	#2	#3	#4	#5	#6
		Игорь Федоренко	19 мин 35 сек	4.87	0/0.26	0.26/0.26	0.26/0.26	0/0.26	0.13/0.26	0/0.26
		Константин Новиков	18 мин 9 сек	5.53	0.26/0.26	0.26/0.26	0/0.26	0.18/0.26	0/0.26	0.26/0.26
		Вагда Гимадеева	17 мин 59 сек	5.04	0.26/0.26	0/0.26	0/0.26	0.18/0.26	0.13/0.26	0.26/0.26
		София Лебедева	17 мин 54 сек	2.85	0.26/0.26	0/0.26	0.26/0.26	0.09/0.26	0.13/0.26	0/0.26
		Кирилл Имамов	17 мин 38 сек	5	0.26/0.26	0.26/0.26	0/0.26	0.09/0.26	0/0.26	0/0.26
			6 мин 57 сек	8.73	0.26/0.26	0.26/0.26	0.26/0.26	0.18/0.26	0.13/0.26	0.26/0.26
		Александр Коляда	18 мин 18 сек	3.38	0.26/0.26	0/0.26	0/0.26	0.09/0.26	0/0.26	0.13/0.26
		Рами Усманов	19 мин 59 сек	3.29	0.26/0.26	0/0.26	0/0.26	0/0.26	0.13/0.26	0.26/0.26

Рис. 1. Статистика результатов тестирования группы студентов

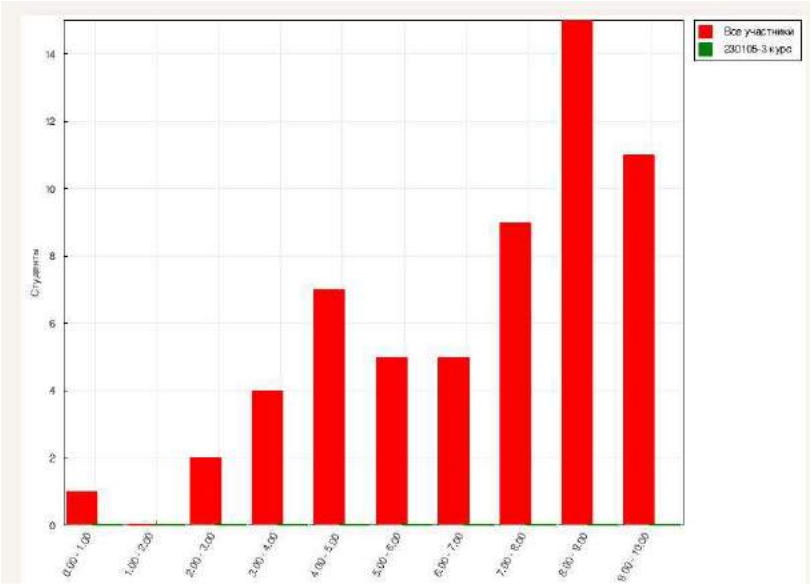


Рис. 2. Вид гистограммы достижения студентов

	Частичная оценка	Число ответов	% от-	Индекс легкости	Средняя отм.	Индекс диффер.	Коэффи. диффер.
(172)	(0,00)	5/60	(8%)	60%	0,494	0,82	0,65
	(1,00)	37/60	(62%)				
	(0,00)	6/60	(10%)				
	(0,00)	0/60	(0%)				
	(0,00)	3/60	(5%)				
(161)	(0,00)	2/60	(3%)	69%	0,431	0,85	0,59
	(0,00)	3/60	(5%)				
	(0,00)	16/60	(27%)				
	(0,33)	46/60	(77%)				
	(0,33)	45/60	(75%)				
	(0,33)	42/60	(70%)				
	(0,00)	1/60	(2%)				
	(0,00)	1/60	(2%)				

Рис. 3. Вид таблицы анализа вопросов

После проведения обработки результатов тестирования необходимо выполнить интерпретацию результатов и только после этого предтестовые задания получают статус тестовых. Но в эту категорию попадают только задания, обладающие хорошими статистическими характеристиками. В общем случае процедура выявления статистиче-

ских характеристик включает в себя оценку трудности задания, его корреляцию с другими заданиями и общим показателем по тесту, факторный анализ и обработка данных в рамках современной теории создания тестов (IRT – Item Response Theory). Эта теория предназначена для оценки латентных параметров испытуемых и параметров заданий теста посредством применения математико-статистических моделей измерения.

Наиболее значимые преимущества IRT [3]:

– устойчивость и объективность оценок параметра, характеризующего уровень подготовки студентов;

– устойчивость и объективность оценок параметра трудности заданий;

– возможность измерения значений параметров испытуемых и заданий теста в одной и той же шкале, имеющей свойства интервальной.

Последнее преимущество позволяет соотнести уровень знаний студентов с мерой трудности каждого задания теста. Это позволит организовать адаптивный автоматизированный контроль знаний.

Из рис. 3 видно, что среда Moodle предъявляет преподавателю такие статистические характеристики как:

– индекс легкости;

– среднеквадратичное отклонение;

– индекс дифференциации;

– коэффициент дифференциации.

Рассмотрим подробнее эти статистические характеристики.

Индекс легкости (Facility Index) – это величина, которая показывает на сколько легким или трудным является вопрос для отвечающих. Он рассчитывается следующим образом:

$$FI_j = \frac{x_{averagej}}{x_{\max j}},$$

где $x_{averagej}$ – среднее значение баллов, набранных всеми испытуемыми за выполнение j – го задания, $x_{\max j}$ – максимально возможное количество баллов за выполнение j – го задания.

Однако высокий ИЛ может говорить и о хорошем усвоении студентами материала. Поэтому для более точной оценки тестовых заданий служат следующие показатели.

Среднее квадратичное отклонение (Standard Deviation) – это величина, которая характеризует разброс баллов, полученных всеми N испытуемыми при ответе на конкретное (j-е) задание теста. Если

все испытуемые отвечают на задание одинаково, то характеризуемый этим параметром разброс полученных испытуемыми баллов будет равен нулю. Задания с нулевым или низким значением среднего квадратичного отклонения получаемых при их выполнении результатов обладают низкой способностью разделять испытуемых по степени их подготовки и поэтому подлежат исключению из теста. Чем выше дифференцирующая способность тестового задания (больше величина дисперсии результатов), тем выше качество теста. Среднее квадратичное отклонение рассчитывается следующим образом:

$$\delta_j = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_i \left(x_{ij} - x_{cpj}\right)^2},$$

где x_{ij} количество баллов, набранных за прохождение тестового задания конкретным студентом; x_{cpj} – количество баллов за это тестовое задание среди всех студентов.

Индекс дифференциации (Discrimination Index) – это параметр, который является грубым показателем способности каждого тестового задания отделить более успешных испытуемых от менее успешных. Он рассчитывается следующим образом. На основании суммарных баллов за тест испытуемых делят на три группы (хорошие баллы, средние баллы, плохие баллы), включающие по одной трети от общего числа испытуемых (N). Математическое выражение для индекса дифференциации i-го задания имеет вид:

$$DI_j = \frac{(X_{topj} - X_{bottomj})}{N},$$

где $X_{topj} = \sum \frac{X_j}{X_{\max j}}$ это сумма отношений набранных баллов пользователей к их максимальному количеству за j вопрос теста, полученный от 1/3 пользователей, у которых самый высокие оценки за весь тест, и $X_{bottomj} = \sum \frac{X_j}{X_{\max j}}$ это сумма отношений набранных баллов пользователей к их максимальному количеству за j вопрос теста, у которых самые низкие ответы за весь тест.

Этот показатель может принимать значения от +1 до -1. Если показатель меньше 0.0, то это значит, что более слабые испытуемые давали правильные ответы чаще, чем более подготовленные. Такие вопросы должны быть исключены из тестов, т.к. они бесполезны. В действительности, они снижают точность оценки за весь тест.

Коэффициент дифференциации (Discrimination Coefficient) позволяет увидеть как хорошо вопрос отделяет подготовленных испытуемых от слабых. Он представляет собой коэффициент корреляции множества значений ответов, полученных испытуемыми при выполнении конкретного задания, с результатами выполнения этими же испытуемыми теста в целом. Он рассчитывается следующим образом:

$$DC_j = \frac{Sum(xy)}{N\,S_x S_y},$$

где $Sum(xy) = \sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})$ – сумма произведений отклонений от среднего балла за вопрос и среднего балла за весь тест (X_j – количество баллов за j – ый вопрос теста, Y_i – количество баллов за весть тест); S_x и S_y это стандартные отклонения (среднеквадратичные отклонения) баллов за j -ый вопрос теста и за весь тест соответственно; N количество испытуемых отвечавших на этот.

Может принимать значения от +1 до -1. Положительные значения показывают что вопрос действительно отделяет подготовленных пользователей, в то время как негативные значения отмечают вопросы на которые лучше отвечают слабые пользователи. На вопросы с отрицательными значениями коэффициента подготовленные пользователи отвечают неверно и таким образом эти вопросы по сути являются штрафами против более подготовленных пользователей. Такие вопросы должны избегаться.

Предоставляемые статистические характеристики позволяют анализировать тесты и улучшать их качество, но этого недостаточно для адаптивного автоматизированного контроля знаний. С помощью IRT можно предсказать вероятность правильного выполнения заданий теста любым испытуемым в выборке до предъявления теста группе учеников, выявить эффективность различных по трудности заданий, используемых для оценки знаний, отличающихся по подготовке учеников.

В отличие от классической теории, где индивидуальный балл тестируемого рассматривается как постоянное число, в IRT латентный параметр трактуется как некоторая переменная. Начальное значение параметра получается непосредственно из эмпирических данных тестирования. Переменный характер измеряемой величины указывает на возможность последовательного приближения к объективным оценкам параметра с помощью тех или иных итерационных методов.

Заключение

Таким образом вышеизложенное позволяет утверждать, что при всех достоинствах среды Moodle необходимо доработать модуль, представляющий статистику в данной системе, с целью определения характеристик (Item Analysis – анализ заданий) тестовых заданий. Это позволит визуализировать усвоение дидактических единиц, автоматизировать процесс обработки результатов тестовых заданий, выполнить их корректировку и организовать адаптивный автоматизированный контроль знаний в среде Moodle.

Список литературы

1. Разинкина Е.М. Непрерывная опережающая профессиональная подготовка кадров для горно-металлургической отрасли: проблемы и теоретические основы : монография / Е.М. Разинкина [и др.] / Под ред. Е.М. Разинкиной, Е.А.Ильиной. – Магнитогорск: МГТУ, 2010. – 110 с.

2. Лебедева М.Б. Дистанционные образовательные технологии: проектирование и реализация учебных курсов / М.Б. Лебедева [и др.] / Под общ. ред. М.Б. Лебедевой. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 336 с.

3. Челышкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: учеб. пособие / М. Б. Челышкова. – М. : Логос, 2002. – 432 с.

Работа представлена д. т. н., действительным членом Академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, профессором кафедры вычислительной техники и прикладной математики ГОУ ВПО «МГТУ» Логуновой О.С.

Дата представления работы: 15.04.2011.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

Андреев С.М. 112
Артеменко М.В. 212
Белградская Е.В. 106
Бигеев В.А. 147, 151, 156
Брайчук О.А. 112
Брусникова А.В. 147
Васильев Е.Ю. 31
Веселовский А.А. 82
Волощуков Ю.Н. 67
Гармаш М.И. 171
Гладких Т.В. 35
Денисова И.Ю. 198
Дзюба Е.А. 207
Дмитриев В.Л. 166
Дмитриенко В.Д. 35,
Доронин В.Ю. 67
Желтобрюхов Е.М. 25
Зарецкий М.В. 187
Зарубин Г.А. 183
Ибрагимов Ф.Г. 147
Икрамов Г.И. 9, 98
Ильина Е.А. 142, 234
Искандаров Б.П. 9, 42, 52
Казакова И.А. 203
Каландаров П.И. 9, 20, 42, 52, 98
Колоткова С.В. 212
Королева В.В. 220
Кочержинская Ю.В. 16
Красильников С.С. 61
Кухта Ю.Б. 142, 234
Леднов А.В. 16, 31, 67
Леонов С.Ю. 35,
Логунова О.С. 88, 161, 191, 220, 228
Лукьянов С.И. 61, 71, 137
Макарычев П.П. 198
Макашов П.Л. 67
Малафеев А.Е. 156
Мацко И.И. 161, 176
Мельков С.Н. 77
Назарбеков М.К. 52
Назаров Т.Р. 77
Необутов И.В. 187
Необутова А.В. 187
Нигматлин Ш.Н. 31
Обломец В.П. 88
Омельченко Е.Я. 118
Павлов В.В. 161
Пантелеев А.В. 151
Пекаровский А.С. 106
Пилипенко О.В. 35
Пишнограев Р.С. 61, 71
Полько П.Г. 131
Посохов И.А. 191
Пустоветов М.Ю. 125
Романенко А. В. 16, 31, 67
Сердобинцев А.М. 234
Соколов А.Д. 16
Сытдыков Р.А. 20
Тургунбаев А. 98
Ушеров А.И. 16
Федянин А.В. 156
Филиппов Е.Г. 88
Фомин Н.В. 137
Хлыстов А.И. 137
Хурсанов Х.П. 31
Чебаненко В Д., 228
Черняев А.А. 151
Чьен Н.К. 106
Шарапова Э.Н. 166
Швидченко Д.В. 61, 71
Шелудько В.Н. 106
Шибанов С.В. 207
Ячиков И.М. 82

СОДЕРЖАНИЕ

Состав редакционной коллегии сборника……..…..3

Вступительное слово ……..……...…….5

Раздел 3

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ: ЦВЕТНАЯ И ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ, ТРАНСПОРТ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ, ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА, НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

П.И. Каландаров, Г.И. Икрамов, Б.П. Искандаров
Технологические аспекты модернизации сталеплавильного производства АПО «Узметкомбинат» на базе получения металлизованного железорудного сырья……9

А.Д. Соколов, А.В. Леднов, А.И. Ушеров, Ю.В. Кочержинская, А.В. Романенко О применимости непрерывного измерения химического состава материалов в потоке для совершенствования математических моделей в металлургической и горнодобывающей промышленности……16

П.И. Каландаров, Р.А. Сытдыков Управление спросом на энергию и режимы систем электроснабжения……....20

Е.м. Желтобрюхов Программное обеспечение автоматизированного проектирования металлорежущих инструментов сложного профиля…..25

Х.П. Хурсанов, Ш.Н. Нигматулин, А.В. Леднов, А.В. Романенко, Е.Ю. Васильев Автоматизированный централизованный диспетчерский контроль как элемент управления большими системами…….....31

В.Д. Дмитриенко, С.Ю. Леонов, Т.В. Гладких, О.В. Пилипенко Модуль автоматизации диагностики переключательных процессов с использованием k значной нейронной сети…….…….35

Б.П. Искандаров, П.И. Каландаров Горно-обогатительный комплекс «Хандиза» и система автоматизации производственных процессов добычи и обогащения руды……..42

П.И. Каландаров, М.К. Назарбеков, Б.П. Искандаров
Проектное решение и реализация программного обеспечения системы автоматизации технологических процессов производства на нефтегазоперерабатывающих заводах Узбекистана……..52

С.И. Лукьянов, Д.В. Швидченко, Р.С. Пишнограев, С.С. Красильников Применение двумерной интерполяции в задачах теплового мониторинга процесса первичной кристаллизации слитка на МНЛЗ……..61

В.Ю. Доронин, П.Л. Макашов, А.В. Леднов, Ю.Н. Волщуков, А.В. Романенко Специализированный программный комплекс «ПАРАДИГМА» как платформа для построения систем управления производством цехового уровня промышленных предприятий……67
С.И. Лукьянов, Н.В. Швидченко, Р.С. Пишнограев, Д.В. Швидченко Разработка математической модели электропривода отводящего рольганга широкополосного стана горячей прокатки……71
С.Н. Мельков, Т.Р. Назаров Разработка универсального коммуникационного центра для автоматического управления БПЛА…77
А.А. Веселовский, И.М. Ячиков Алгоритм оценки триботехнических свойств покрытий на зубчатых и червячных передачах……82
В.П. Обломец, Е.Г. Филиппов, О.С. Логунова Модель управления производством на основе интегрированных ключевых показателей…..88

Раздел 4
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ В ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

П.И. Каландаров, Г.И. Икрамов, А. Тургунбаев Имитационное моделирование и метрологическое обеспечение контроля и регулирования влажности в технологических процессах.….98
Н.К. Чьен, В.Н. Шелудько, А.С. Пекаровский, Е.В. Белградская Адаптивные системы управления объектами первого и второго порядка с применением гауссовых функций……...……..106
О.А. Брайчук, С.М. Андреев Система оптимизации управления процессом измельчения рудных материалов в условиях АО «ССГПО»..112
Е.Я. Омельченко Динамическая математическая модель трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором……..118
М.Ю. Пустоветов Имитационные модели трехфазного трансформатора…….125
П.Г. Полько Имитационная модель процесса измельчения рудных материалов с использованием scada системы wonderware in touch…...131
С.И. Лукьянов, Н.В. Фомин, А.И. Хлыстов Расчет продольных усилий в слитке МНЛЗ……...137
Ю.Б. Кухта, Е.А. Ильина Описание сложных технологических процессов с использованием аппарата прикладной математики и средств вычислительной техники……142
В.А. Бигеев, А.В. Брусникова, Ф.Г. Ибрагимов Аспекты моделирования продувки металла газопорошковой струей….147
В.А. Бигеев, А.В. Пантелеев, А.А. Черняев Математическое моделирование твердофазного восстановления пылей и шламов……..……..151

В.А. Бигеев, А.В. Федянин, А.Е. Малафеев
Моделирование технологии выплавки стали в ДСП, с применением металлизованного сырья……..156

Раздел 5
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И СИГНАЛОВ

В.В. Павлов, И.И. Мацко, О.С. Логунова
Перспективные направления использования теории распознавания изображений в металлургической промышленности……161
Э.Н. Шарапова, В.Л. Дмитриев
Система оцифровки графических данных……..166
М.И. Гармаш Применение метода многомерных гистограмм к задаче навигации в помещении……...171
И.И. Мацко Организация сбора информации для автоматизированного распознавания дефектов…….176
Г.А. Зарубин Распознавание образов с помощью гибридных нейронных сетей (на примере задачи идентификации лиц)……183
М.В. Зарецкий, А.В. Необутова, И.В. Необутов
Искусственная нейронная сеть для распознавания изображений, инвариантная к аффинным преобразованиям……...187
И.А. Посохов, О.С. Логунова Технология обработки изображений заготовок на основе операций морфологического анализа……..191

Раздел 6
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ

П.П. Макарычев, И.Ю. Денисова
Нечеткая модель оценки знаний, умений……..198
И.А. Казакова
Интеллектуальный анализ данных в социальной сфере……203
Е.А. Дзюба, С.В. Шибанов Разработка информационных систем на основе конструирования знаний…….207
М.В. Артеменко, С. В. Колоткова Информационная поддержка управленческих решений при потребительском кредитовании……...212
О.С. Логунова, В.В. Королева Структура информационного образовательного пространства для подготовки IT-специалистов…….220
В Д. Чебаненко, О.С. Логунова Идентификация законов распределения для имитационной модели банковской службы service desk……228
Е.А. Ильина, Ю.Б. Кухта, А.М. Сердобинцев
Проектные решения для разработки программного модуля математической обработки результатов тестирования…….234