

Содержание

К Юбилею института энергетики и автоматизированных систем	2
<i>Логунова О.С., Баранкова И.И., Андреев С.М., Чусавитина Г.Н. Институт энергетики и автоматизированных систем: история и перспективы развития направления автоматизированных систем</i>	
	2
Математика.....	11
<i>Попов И.П. Векторное произведение двух векторов в четырехмерном евклидовом пространстве с учетом прикладных аспектов.....</i>	
	11
Моделирование.....	18
<i>Ивочкин Ю.П., Тепляков И.О., Виноградов Д.А. О различных магнитогидродинамических приближениях при моделировании электровихревых течений</i>	
	18
<i>Ячиков И.М., Портнова И.В., Быстров М.В. Анализ эффективности использования принудительного охлаждения графитированных электродов для снижения их расхода в электродуговых печах</i>	
	24
Обработка информации.....	30
<i>Ерсултанова З.С., Айтбенова А.А., Даулетбаева Г.Б. Интеллектуальная информационная система в образовании</i>	
	30
<i>Бримжанова С.С., Атанов С.К., Гагарина Л.Г. Тестирование – метод контроля качества знаний обучающихся.....</i>	
	36
Краткие сообщения	42
<i>Егорова Л.Г., Гарбар Е.А., Николаев А.А. Системы распознавания изображений в потоке.....</i>	
	42

Contents

To the anniversary of the institute Institute of Energy and Automated Systems	2
<i>Logunova O.S., Barankova I.I., Andreev S.M., Chusavitina G.N. Power Engineering and Automated Systems Institute: History and prospects of development of the direction Automated Systems</i>	
	9
Mathematics	11
<i>Popov I.P. Vector multiplication of two vectors in four-dimensional Euclidean space with applied aspects.....</i>	
	16
Modeling	18
<i>Ivочкин Y.P., Teplyakov I.O., Vinogradov D.A. About different approximations in the electrovortex flow simulation.....</i>	
	23
<i>Yachikov I.M., Portnova I.V., Bystrov M.V. Analysis of the effectiveness of forced cooling of graphitized electrodes to reduce their consumption in electric arc furnaces</i>	
	28
Data processing	30
<i>Ersultanova Z.S., Aytenova A.A., Dauletbaeva G.B. Intellectual information system in education.....</i>	
	34
<i>Brimzhanova S.S., Atanov S.K., Gagarina L.G. Testing – method for quality control of knowledge students.....</i>	
	40

К ЮБИЛЕЮ ИНСТИТУТА ЭНЕРГЕТИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

TO THE ANNIVERSARY OF THE INSTITUTE OF ENERGY AND AUTOMATED SYSTEMS

УДК 378.096(09)

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Логунова О.С., Баранкова И.И., Андреев С.М., Чусавитина Г.Н.

Аннотация. В 2019 году ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» исполняется 85 лет. Для университета этот срок жизни сопоставим с жизнью города Магнитогорска. За 85 лет университет пережил несколько трансформаций и в настоящее время сформировалось несколько ведущих направлений для образовательной и научной деятельности. В статье приведена краткая история формирования одного из направлений института энергетики и автоматизированных систем. Современное направление автоматизированных систем включает четыре кафедры: автоматизированных систем управления; вычислительной техники и программирования; информатики и информационной безопасности; бизнес-информатики и информационных технологий. Кафедры, в настоящее время, проводят подготовку по уровням бакалавриата, специалитета, магистратуры и аспирантуры. Основной научной школой является: научное обоснование эффективного управления объектами и процессами на основе результатов прогностического моделирования с использованием средств вычислительной техники и современного программного обеспечения.

Ключевые слова: автоматизированные системы, информатика, программирование, вычислительная техника, информационная безопасность, бизнес-информатика, информационные технологии

Введение

В настоящее время во всем мире активно развивается направление автоматизированных систем, охватывая все сферы человеческой деятельности. Согласно классическим принципам построения автоматизированных систем, изложенных в [1], каждая из них содержит семь видов обеспечения: информационное, программное, техническое, лингвистическое, правовое, эргономическое и организационное. Развитие и усложнение систем, переход их к классу «больших» систем требует научного исследования и разработки теории и практики их построения. Эти требования явились вызовом для развития существующих и появления новых направлений в ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». Реструктуризация двух университетов в 2013 году, расположенных в г. Магнитогорске, способствовало развитию новых научных направлений и образовательных программ. Не является исключением в современном развитии и институт энергетики и автоматизированных систем. Консолидация в одной структуре нескольких образовательных программ позволило выделить направление автоматизированных систем, которое объединило четыре кафедры: автоматизированных систем управления (до 2013 года кафедра промышленной кибернетики и систем управления); вычислительной техники и программирования (до 2013 года кафедра вычислительной техники и прикладной математики); информатики и информационной безопасности (до 2013 года кафедра информатики и информационных технологий); бизнес-информатики и информационных технологий (до 2013 года существовавшая в виде факультета информационных технологий Магнитогорского государственного университета). В настоящее время кафедры направления активно развиваются и имеют высокие перспективы.

Деятельность кафедры направления автоматизированных систем института

Кафедра автоматизированных систем управления

Одной из старейших кафедр направления является кафедра автоматизированных систем управления (до 2013 года кафедра промышленной кибернетики и систем управления). Кафедра автоматизированных систем управления организована 30 апреля 1974 году по инициативе первого заведующего кафедрой Виталия Макаровича Рябкова, который являлся ректором Магнитогорского горно-металлургического института. В разные годы кафедрой руко-

водили профессор Борис Николаевич Парсункин (1975-1988), доцент Александр Иннокентьевич Блохин (1989-2005). С 2006 года и по сегодняшний день кафедру возглавляет доцент, канд. техн. наук Сергей Михайлович Андреев.

До 2014 года на кафедре велась подготовка инженеров по специальности 220301 – Автоматизация технологических процессов и производств, с 2012 года началась подготовка по программам бакалавриата и магистратуры по направлению 27.00.00, в котором реализуются профили:

- 27.03.04 Управление в технических системах по профилю «Системы и средства автоматизации технологических процессов» (академический бакалавриат);
- 27.04.04 Управление в технических системах по профилю Автоматизация технологических процессов и производств (академическая магистратура).

За время существования кафедры было выпущено более 2,5 тысяч специалистов в области автоматизации технологических процессов и систем автоматического управления. Во время обучения студенты приобретают опыт и навыки работы с различными средствами контроля и автоматизации производственных процессов, а также получают практические знания по разработке, внедрению и обслуживанию программно-технических средств автоматизации технологических процессов и производств.

Молодые специалисты – выпускники кафедры работают в проектных и научно-исследовательских институтах, службах автоматизации промышленных производств различных отраслей и сферах обслуживания в стране и за рубежом.

В 1998 г. по инициативе Б.Н. Парсункина открыта аспирантура по научной специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». Одними из первых выпускников по данной научной специальности стали Ю.Н. Волщук, А.В. Леднов. Научная школа, созданная Борисом Николаевичем Парсункиным «Математическое моделирование, оптимальное управление и автоматизация тепловых, гидродинамических и технологических процессов металлургического производства» ведет научные исследования по тематикам:

- системы оптимального управления распределенными технологическими процессами [2];
- управляющие алгоритмы на основе нечеткой логики [3];
- нейросетевые алгоритмы управления сложными технологическими процессами [4];
- построение детерминированных моделей объектов металлургического производства.

В рамках научной школы в последнее время по научной специальности 05.13.06 представлены и утверждены диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Ахметов У.Б. (2010), Батраева А.Е. (2011), Головкин Н.А. (2013), Усачев М.В. (2011), Рябчикова Е.С. (2015), Ахметов Т.У. (2017).

Научные разработки кафедры отмечены наградами, так разработка кафедры «Система оптимального управления нагревом» под руководством Парсункина Б.Н. была удостоена серебряной медали ВДНХ СССР (1988 г). Дипломами различных уровней отмечены научные разработки, выполнение сотрудниками кафедры Андреевым С.М. (2000, 2004, 2007, 2013 гг), Рябчиковым М.Ю. (2003, 2007, 2013), Головкин Н.А. (2006, 2007, 2008 гг), Артамоновым Ю.С.

Кафедра вычислительной техники и программирования

Конец 70-х и начало 80-х годов 20 века характеризуется бурным всплеском тиражирования средств вычислительной техники и появление государственной программы по ликвидации компьютерной «безграмотности». В этот период активное участие в программе принял Магнитогорский горно-металлургический институт и в 1978 г заведующим кафедрой высшей математики доцентом Владимиром Дмитриевичем Червяковым началась подготовка к созданию кафедры вычислительной техники. С привлечением работников кафедры промышленной кибернетики и систем на кафедре высшей математики организованы две секции: вычислительной техники и прикладной математики (ВТ и ПМ) и высшей математики. Руководителем секции ВТ и ПМ назначен доцент, канд. техн. наук Дилаур Хасанович Девятов. Работа кафедры математики в составе двух секций продолжалась до 21.09.1983 г. В дальнейшем ка-

факультета высшей математики разделена на кафедры вычислительной техники и прикладной математики и кафедру высшей математики.

В 1992 году на кафедре вычислительной техники и прикладной математики открыта подготовка инженеров по специальности 2204.00 «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» и за 20 лет выпущено 832 специалиста. Реорганизация высшей школы привела и к изменению образовательных программ, по которым в настоящее время работает кафедра вычислительной техники и программирования (до 2013 года кафедра вычислительной техники и прикладной математики). По направлению 09.00.00 Информатика и вычислительная техника в настоящее время реализуются образовательные программы по всем трем ступеням:

- 09.03.01 Информатика и вычислительная техника по профилю Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем (академический бакалавриат), профиль Автоматизированные системы обработки информации и управление (прикладной бакалавриат 2018 года набора) и Проектирование и разработка Web-приложений (прикладной бакалавриат 2019 года набора);
- 09.04.01 Информатика и вычислительная техника по профилю Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем (академическая магистратура);
- 09.06.01 Информатика и вычислительная техника по профилям аспирантуры: Системный анализ, управление и обработка информации; Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами; Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

За период работы кафедры в сотрудничестве с научными школами университета постоянно проводились научные исследования, по результатам которых выполнена подготовка и защита диссертаций на соискание ученых степеней: канд. техн. наук Ибрагимов Ф.Г. (рук. Девятов Д.Х., 1998, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Тутарова В.Д. (рук. Селиванов В.Н., 1999, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Демиденко Л.Л. (рук. Девятов Д.Х., 1999, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Логунова О.С. (рук. Девятов Д.Х., 2000, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Ячиков И.М. (рук. Девятов Д.Х., 2001, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Кочержинская Ю.В. (рук. Дюльдина Э.В., 2004, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Егорова Л.Г. (рук. Вдовин К.Н., 2007, спец. 05.16.04); канд. техн. наук Кухта Ю.Б. (рук. Салганик В.М., 2009, спец. 05.16.05); канд. пед. наук Гладышева М.М. (рук. Романов П.Ю., 2009, спец. 13.00.08); канд. пед. наук Ильина Е.А. (рук. Петушкова О.Г., 2010, спец. 13.00.08); канд. техн. наук Сергеев С.Н. (рук. Ячиков И.М., 2011, спец. 05.16.02); канд. техн. наук Портнова И.В. (рук. Ячиков И.М., 2017, спец. 05.16.02).

С 2006 г активно проводится подготовка кадров высшей квалификации по группе научных специальностей 05.13.00 «Информатика, вычислительная техника и управление». В рамках этого направления подготовлены, представлены и успешно утверждены две диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: Логунова О.С. – специальность 05.13.06 (г. Пенза, июль 2009); Ячиков И.М. – специальность 05.13.18 (г. Челябинска, декабрь 2009). По разным специальностям в группе 05.13.00 представлены и утверждены диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Калитаев А.Н. – специальность 05.13.18 (г. Челябинска, 2006) – рук. Девятов Д.Х.; Манагаров В.А. – специальность 05.13.18 (г. Челябинска, 2009) – рук. Ячиков И.М.; Полько П.Г. – специальность 05.13.06 (г. Оренбург, 2011) – рук. Логунова О.С.; Мацко И.И. – специальность 05.13.06 (г. Оренбург, 2013) – рук. Логунова О.С.; Сафонов Д.С. – специальность 05.13.12 (г. Оренбург, 2015) – рук. Логунова О.С.; Посохов И.А. – специальность 05.13.01 (г. Череповец, 2017) – рук. Логунова О.С.

В настоящее время продолжают активные научные исследования на кафедре по направлениям:

- математическое моделирование и исследование поведения электромагнитных полей постоянного тока в рабочем пространстве металлургических агрегатов [5-7];

- интеллектуализация систем управления производственными процессами с использованием графической информации [8-10];
- исследование тенденций и управление показателями публикационной активности [11,12].

Ежегодно на кафедре публикуется более 80 научных и 20 учебно-методических работ. В 2018 году подготовлено и выпущено три учебника в центральных изданиях «Инфра-М» (г. Москва) и «Лань» (г. Санкт-Петербург): «Обработка экспериментальных данных на ЭВМ», «Информатика. Курс лекций», «Представление и визуализации результатов научных исследований».

В течение длительного времени формировалось партнерское взаимодействие между кафедрой вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» и одним из крупных поставщиков услуг информационных технологий в сфере финансовой индустрии ООО «Компас Плюс». В 2017 году сотрудничество перешло на новый уровень, который позволил сформировать образовательную траекторию по заказу работодателя. Начиная с первого курса, студенты получили возможность выбирать дисциплины, которые введены в учебный план на основании запроса компании. Среди этих дисциплин определены: Платформа разработки «*Flora*», Практические основы разработки компиляторов, Многопоточное программирование на языке *Java*, Теория автоматов, Базы данных *OLTP*-систем и др. Наличие специальных дисциплин не исключает наличие в учебном плане образовательных модулей, формирующий высокий уровень высшего образования. В настоящее время на условиях партнерства обучается 15 студентов второго и 13 студентов первого курса, что составляет 25 % контингента на каждом курсе.

Среди студентов целевого обучения нет задолжников. Этому способствует высокая заинтересованность индустриального партнера в качестве образования студентов. В свою очередь ООО «Компас Плюс» обеспечивает дополнительную стипендию для студентов, которые имеют высокие оценки по каждой сессии, оплачиваемую стажировку под руководством наставников от предприятия, оплачиваемую практику на рабочих местах. Но самое главное достигается высокая преемственность академических знаний, сконцентрированных в университете, и практического опыта предприятия на самых ранних стадиях обучения.

Программы партнерского взаимодействия развивается и за четыре года планируется довести количество обучаемых студентов по программе до 50 человек.

Программа обучения студентов по индивидуальной траектории вызывает большой интерес и у других крупных работодателей в сфере IT-технологий и программирования. Среди них можно указать ОАО «Информсервис», ОАО «Объединенная сервисная компания», Web-студия «Факт» и др.

Кафедра информатики и информационной безопасности

Кафедра информатики и информационной безопасности образована в 2003г. в результате разделения кафедры вычислительной техники и прикладной математики. Заведующим кафедрой был назначен доцент, кандидат технических наук Баранков Владимир Владимирович. С 2006 года и по настоящее время руководство кафедрой осуществляет доктор технических наук, член-корреспондент АЭН РФ, доцент Баранкова Инна Ильинична. На кафедре ведется активная подготовка кадров высшей квалификации. Подготовлены и защищены докторская диссертация Баранковой И.И., кандидатские диссертации Михайловой У.В., Калугиной О.Б. В составе кафедры высококвалифицированные преподаватели, в том числе 1 доктор наук и 6 кандидатов наук. Остепененность профессорско-преподавательского состава кафедры составляет 70%.

Преподаватели кафедры регулярно проходят повышение квалификации, участвуют в научно-технических конференциях, теоретико-методологических семинарах, поддерживают творческие научные контакты с ведущими специалистами страны, проходят стажировку в крупнейших вузах страны. На кафедре активно ведется научно-исследовательская работа. Результаты научных исследований обсуждаются на международных научных конференциях, публикуются в журналах ВАК в журналах, индексируемых в наукометрических базах *Scopus*

и *Web of Science*. В настоящее время на кафедре ведутся научные исследования по следующим направлениям:

- математическое моделирование и исследование индукционного нагрева тел неоднородной структуры [13-15];
- математическое моделирование и исследование процессов обработки металлов давлением [16-18];
- методы и системы защиты информации, информационная безопасность [19-21].

С 2012 года по настоящее время кафедра информатики и информационной безопасности ведет подготовку специалистов по защите информации: специальность 10.05.03 «Информационная безопасность автоматизированных систем». И.И. Баранкова является членом ФУМО ВО ИБ, принимает активное участие в разработке ФГОС нового поколения по УГСН 10.00.00. Кафедра сотрудничает со ФСТЭК России по Уральскому федеральному округу, преподаватели кафедры регулярно участвуют в методических семинарах, проводимых ФСТЭК. Заведующая кафедрой является членом Координационного совета по подготовке кадров в области информационной безопасности по УРФО.

На кафедре активно ведется научно-исследовательская работа со студентами. Студенты, обучающиеся по этой специальности, под руководством преподавателей кафедры регулярно принимают участие в межвузовских научных конференциях, на Всероссийских конференциях-конкурсах, в международных конференциях, международных олимпиадах и форумах. Ежегодно студенты специальности «Информационная безопасность» участвуют в международных соревнованиях по информационной безопасности в формате *CTF*. Для подготовки обучающихся на кафедре создано 4 специализированных лаборатории:

- лаборатория технических средств защиты информации;
- лаборатория систем контроля и мониторинга информационной безопасности;
- лаборатория по сетям и сетевой безопасности;
- лаборатория программно-аппаратной защиты средств вычислительной техники. Лабораторный комплекс оснащен современным оборудованием, позволяющим получить навыки и умения, необходимые для профессиональной деятельности специалиста по информационной безопасности.

Совместно с Академией ФСБ и при участии Министерства образования РФ кафедра организует проведение очного этапа олимпиады по информатике и компьютерной безопасности для школьников г. Магнитогорска и прилегающих районов. Ежегодно кафедра проводит олимпиады по информационным технологиям и компьютерной безопасности среди студентов всех специальностей и направлений. Олимпиады и конкурсы проходят как в традиционной форме решения задач, так и в форме круглых столов, квестов, киберпоединков, информатических арбузников и конкурсов творческих проектов по защите информации.

Первые выпускники кафедры работают в различных городах России: г. Москва (ФГУП «ГлавНИВЦ» Управления делами Президента РФ), г. Челябинск (ФНС), г. Екатеринбург (МЧС), г. Магнитогорск и др.

Кафедра бизнес-информатики и информационных технологий

История успешного развития кафедры насчитывает более 30 лет. В 1985 году в школах впервые ввели предмет «Основы информатики и вычислительной техники». Не было ни учебников, ни компьютеров, ни преподавателей. Чтобы научить информатике будущих учителей, на физико-математическом факультете Магнитогорского государственного педагогического института (МГПИ) была создана лаборатория вычислительной техники, которую возглавила к. т. н., профессор Эльмира Рафиковна Ипатова. На базе лаборатории стали проводиться методические семинары, курсы для учителей школ и преподавателей вузов, круглые столы с работодателями. Спустя два года в 1987 году была создана кафедра информатики. В 1998 году родился факультет информатики – первый среди всех педагогических вузов России на котором до 2014 года работали четыре кафедр: информатики, информационных технологий, информационных систем и прикладной информатики.

Кафедра Бизнес-информатики и информационных технологий (БИ и ИТ) создана в 2014 году путём объединения кафедр Факультета информатики в процессе реорганизации «МГТУ им. Г.И. Носова», связанной с присоединением Магнитогорского государственного университета (МаГУ). Объединенной кафедрой БИ и ИТ в настоящее время руководит к. п. н., профессор, Чусавитина Галина Николаевна. Сегодня кафедра БИ и ИТ готовит специалистов по направлениям «Прикладная информатика», «Бизнес-информатика», «Педагогическое образование». По всем направлениям реализуется как бакалавриат, так и магистратура. Профессорско-преподавательский состав кафедры БИ и ИТ отличается высоким уровнем профессионализма, сотрудники кафедры ведут активную учебно-методическую и научно-исследовательскую деятельность. Для проведения лекционных и практических занятий по информатике и информационным технологиям оборудованы специализированные аудитории, которые оснащены современной компьютерной техникой, необходимым периферийным и мультимедийным оборудованием. В образовательный процесс активно внедряются новейшие научно-методические и технические, интерактивные формы обучения, электронные образовательные ресурсы.

В научно-исследовательской деятельности преподавателей кафедры можно выделить два крупных направления: исследования в области информационных систем и технологий в цифровой экономике [22, 23] и информатизация образования [24, 25]. Значимость проводимых исследований преподавателями кафедры подтверждена грантами РГНФ, РФФИ, TEMPUS и др.; в рамках программы Европейского Союза «Проекты развития потенциала (высшего образования)», глобальной инициативы *Microsoft YouthSpark* при поддержке корпорации Microsoft и др. В области информатизации образования и методики обучения ИКТ-дисциплинам грантами были отмечены более 30 проектов, в области технических наук – более 20. В качестве примера можно назвать проекты в которых активное участие принимали преподаватели кафедры за последние пять лет: TEMPUS ENMDA: «Улучшение Российского креативного образования: новая магистерская программа в области Цифрового искусства в соответствии со стандартами ЕС»; РГНФ; «Адаптивное управление качеством профессионального образования на основе компетентностного подхода (на примере сферы ИТ)», «Разработка инновационных механизмов повышения конкурентоспособности выпускников ИТ-специальностей вуза в условиях монопромышленного города», «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи» и др. Большой опыт у кафедры в организации и проведении молодежных конференций с элементами научной школы.

Особое внимание на кафедре уделяется работе со студентами, которые принимают активное участие, как в научно-исследовательской деятельности, так и в многочисленных мероприятиях вуза, олимпиадах, конкурсах, творческих проектах, играх. Студенты, молодые ученые под руководством преподавателей кафедры принимают активное участие в международных студенческих соревнованиях в области ИТ, занимают призовые места во Всероссийских олимпиадах, выигрывают гранты на научные исследования и проходят стажировки в ведущих ИТ-компаниях.

Выпускники кафедры, по направлениям «Прикладная информатики», «Бизнес информатика», обладающие глубокими знаниями и практическими навыками как в области бизнеса, так и в области новых информационных технологий, успешно реализуют масштабные ИТ-проекты, осуществляют проектирование, разработку, внедрение и сопровождение, модернизацию и развитие существующих информационных систем в экономике и управлении. Выпускники востребованы в организациях крупного и малого бизнеса в различных отраслях цифровой экономики: в ведущих ИТ-компаниях, на промышленных предприятиях, в государственных структурах, в банках, страховых, проектных и консалтинговых компаниях и других организациях.

Кафедра подготовила более тысячи преподавателей информатики не только для Магнитогорска и Челябинской области, но и для разных городов страны и мира. Выпускники, владеющие современными ИКТ и педагогическими технологиями, сегодня широко востре-

бованы на рынке образовательных услуг, в сфере организации отдыха и развлечений, разработке программного обеспечения: в школах, вузах, учреждениях профессионального и дополнительного образования, в ресурсных центрах, в корпоративном повышении квалификации, в ИТ-компаниях, учреждениях культуры и др.

Список использованных источников

1. Информационные технологии в экономике. Учебник / Под ред. проф. Г.А. Титоренко. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 399 с.
2. Парсункин, Б.Н. Оптимизация управления технологическими процессами в металлургии: Монография. / Б.Н. Парсункин, С.М. Андреев, У.Б. Ахметов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2006. – 198 с.
3. Алгоритм нечеткого управления для синтеза цифровых контуров автоматической стабилизации технологических параметров / П.Г. Полько [и др.] // Автоматизация в промышленности. – 2010. – № 11. – С. 32-37.
4. Самарина, И.Г. Разработка структуры нейросетевой математической модели процесса отжига полосы в протяжной печи / И.Г. Самарина, Е.Ю. Мухина, С.М. Андреев // Автоматизированные технологии и производства, 2015. – № 2(8). – С.9-13.
5. Моделирование электромагнитных процессов в электродуговых печах постоянного тока / И.М. Ячиков [и др.]. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2005. – 139 с.
6. Ячиков, И.М. Моделирование поведения магнитного поля в ванне дпнт при разных конструкциях токоподвода к подовому электроду // И.М. Ячиков, И.В. Портнова, З.Ю. Залютдинов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2012. – № 2. – С. 183-190.
7. Ячиков, И.М. Анализ поведения магнитного поля вблизи электродов дуговых печей посредством математического моделирования // И.М. Ячиков, Е.М. Зарецкая // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2011. – № 1. – С. 18-21.
8. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes / O.S. Logunova [et al.] // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2014. – Т. 74. – № 9-12. – С. 1407-1418.
9. Посохов, И.А. Визуализация и обработка информации о качестве непрерывнолитой заготовки / И.А. Посохов // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – № 2 (31). – С. 35-43.
10. Алгоритмы обработки изображений серных отпечатков в системе оценки качества непрерывнолитой заготовки / И.А.Посохов [и др.]. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2017. – 131 с.
11. Index analysis of academic staff publication activity control / O.S. Logunova [et al.] // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2015. – № 1 (6). – С. 43-47.
12. Логунова, О.С. Динамика показателей публикационной активности профессорско-преподавательского состава магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова / О.С. Логунова, Л.Г. Егорова, В.В. Королева // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2015. – № 3 (51). – С. 101-112.
13. Баранкова, И.И. Применение индукционного нагрева для электротермической обработки изделий метизной отрасли / И.И. Баранкова // Индукционный нагрев. – 2008. – № 2. – С. 30-31.
14. Баранкова, И.И. Определение теплофизических параметров анизотропных тел на основе решения обратных задач / И.И. Баранкова, Г.М. Коринченко // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2009. – № 3 (27). – С. 69-71.
15. Баранкова, И.И.Создание высокоэффективных модулей для электротермической обработки изделий метизной отрасли / И.И. Баранкова // Производство проката. – 2007. – № 1. – С. 25-28.
16. Калугина, О.Б. Численное решение задачи оптимизации формы вытяжных калибров / О.Б. Калугина // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – № 2 (42). – С. 47-49.
17. Михайлова, У.В. Математическое моделирование процессов штамповки эластичными средами / У.В. Михайлова // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2010. – Т. 2. – № 68. – С. 134-136.
18. Михайлова, У.В. Оптимизация конструктивных параметров тарельчатых пружин / У.В. Михайлова // Технология машиностроения. – 2009. – № 11. – С. 32-33.
19. Лукьянов, Г.И. Эффективность применения СЗИ от утечки по акустическим каналам / Г.И. Лукьянов, У.В. Михайлова // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. – 2014. – № 4 (14). – С. 14-18.
20. Баранкова, И.И. Разработка системы WORDSEARCH для защиты конфиденциальной информации от утечки / И.И. Баранкова, У.В. Михайлова, Г.И. Лукьянов // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. – 2018. – № 1 (27). – С. 14-18.
21. Barankova I.I. Automated control system of a factory railway transport based on ZigBee / U.V. Mikhailova, I.I. Barankova, G.I. Lu'yanov // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) Proseedings. – 2016.
22. Чусавитина, Г.Н. Применение методики освоенного объема в управлении IT-проектом по внедрению высокочастотных торговых алгоритмов в частной трейдинговой компании / Г.Н. Чусавитина, И.П. Комиссаров. //

Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2015. – № 1 (6). – С. 48-53.

23. Курзаева, Л.В. Введение в методы и средства получения и обработки информации для задач управления социальными и экономическими системами: учебное пособие / Л.В. Курзаева, И.Г. Овчинникова, Г.Н. Чусавитина. – Магнитогorsk: Изд-во Магнитогorsk. гос. техн. ун-та, 2016. – 115 с.

24. Чусавитина, Г.Н. Применение интегративных механизмов при подготовке будущих учителей в области обеспечения информационной безопасности / Г.Н. Чусавитина // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2010. – № 5 (71). – С. 49-54.

25. Этические вопросы применения информационных технологий как компонента предметного содержания подготовки студентов университета // Г.Н. Чусавитина [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 10-2. – С. 318-323.

Материал поступил в редакцию: 11.11.2018

Материал принят к публикации: 30.03.2019

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

POWER ENGINEERING AND AUTOMATED SYSTEMS INSTITUTE: HISTORY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE DIRECTION AUTOMATED SYSTEMS

Logunova O.S., Barankova I.I., Andreev S.M., Chusavitina G.N.

Abstract. In 2019, Nosov Magnitogorsk State Technical University is 85 years old. For the university, this term of life is comparable to the life of the city of Magnitogorsk. For 85 years, the university has undergone several transformations and at present, several leading directions for educational and scientific activities have been formed. The article provides a brief history of the formation of one of the areas of the Institute of Energy and automated systems. The modern direction of automated systems includes four departments: automated control systems; computing and programming; informatics and information security; business informatics and information technology. Chairs, at present, conduct training in undergraduate, specialist, graduate and postgraduate levels. The main scientific school is: the scientific substantiation of effective management of objects and processes based on the results of predictive modeling using computer technology and modern software.

Keywords: Automated systems, informatics, programming, computing, information security, business informatics, information technologies.

References

1. *Informatsionnye tekhnologii v ekonomike*. YuNITI, Moscow, 2001.
2. Parsunkin B.N. *Optimizatsiya upravleniya tekhnologicheskimi protsessami v metallurgii*. Izd-vo Magnitogorsk. gos. tekhn. un-ta im. G.I. Nosova, Magnitogorsk, 2006.
3. Polko P.G., Logunova O.S., Andreev S.M. i dr. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2010, no. 11, pp. 32 - 37.
4. Samarina I.G., Mukhina E.Yu., Andreev S.M. *Avtomatizirovannye tekhnologii i proizvodstva*, 2015, no. 2(8), pp. 9-13.
5. Yachikov I.M., Karandaeva O.I., Larina T.P. i dr. *Modelirovanie elektromagnitnykh protsessov v elektrodugovykh pechakh postoyannogo toka*. Izd-vo Magnitogorsk. gos. tekhn. un-ta, Magnitogorsk, 2005.
6. Yachikov I.M., Portnova I.V., Zalyautdinov Z.Yu. *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoy i sotsialnoy sferakh*, 2012, no. 2, pp. 183-190.
7. Yachikov I.M., Zaretskaya E.M. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Chernaya metallurgiya*, 2011, no. 1, pp. 18-21.
8. Logunova O.S., Matsko I.I., Posohov I.A., Luk'ynov S.I. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2014, vol. 74(9-12), pp. 1407-1418.
9. Posokhov I.A. *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы*, 2016, no. 2(31), pp. 35-43.
10. Posokhov I.A., Logunova O.S., Arkulis M.B. i dr. *Algoritmy obrabotki izobrazheniy sernykh otpechatkov v sisteme otsenki kachestva nepreryvnolitoй zagotovki*. Izd-vo Magnitogorsk. gos. tekhn. un-ta, Magnitogorsk, 2017.
11. Logunova O.S., Ilina E.A., Arefeva D.Y. and all. *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoy i sotsialnoy sferakh*, 2015, no. 1(6), pp. 43-47.
12. Logunova O.S., Egorova L.G., Koroleva V.V. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*, 2015, no. 3(51), pp. 101-112.
13. Barankova I.I. *Induktsionnyy nagrev*, 2008, no. 2, pp. 30-31.
14. Barankova I.I., Korinchenko G.M. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*, 2009, no. 3 (27), pp. 69-71.
15. Barankova I.I. *Proizvodstvo prokata*, 2007, no. 1, pp. 25-28.
16. Kalugina O.B. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*, 2013, no. 2 (42), pp. 47-49.
17. Mikhaylova U.V. *Aktualnye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya*, 2010, vol. 2(68), pp. 134-136.
18. Mikhaylova U.V. *Tekhnologiya mashinostroeniya*, 2009, no. 11, pp. 32-33.
19. Lukyanov G.I., Mikhaylova U.V. *Vestnik UrFO. Bezopasnost v informatsionnoy sfere*, 2014, vol. 4(14), pp. 14-18.
20. Barankova I.I., Mikhaylova U.V., Lukyanov G.I. *Vestnik UrFO. Bezopasnost v informatsionnoy sfere*, 2018, no. 1(27), pp. 14-18.
21. Barankova I.I., Mikhailova U.V., Luk'yanov G.I. *Automated control system of a factory railway transport based on ZigBee*. Applications and Manufacturing (ICIEAM) Proseedings, 2016.
22. Chusavitina G.N., Komissarov I.P. *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoy i sotsialnoy sferakh*, 2015, no. 1 (6), pp. 48-53.
23. Kurzaeva L.V., Ovchinnikova I.G., Chusavitina G.N. *Vvedenie v metody i sredstva polucheniya i obrabotki informatsii dlya zadach upravleniya sotsialnymi i ekonomicheskimi sistemami*. Izd-vo Magnitogorsk. gos. tekhn. un-ta, Magnitogorsk, 2016.
24. Chusavitina, G.N. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy*, 2010, no. 5(71), pp. 49-54.
25. Chusavitina G.N., Chernova E.V., Makashova V.N. i dr. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2015, no. 10(2), pp. 318-323.

ОБ АВТОРАХ:

Логунова Оксана Сергеевна – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: logunova66@mail.ru.

Баранкова Инна Ильинична – д-р техн. наук, заведующий кафедрой информатики и информационной безопасности ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: Inna_Barankova@mail.ru.

Андреев Сергей Михайлович – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: pk_su@bk.ru.

Чусавитина Галина Николаевна – канд. пед. наук, профессор, заведующий кафедрой бизнес-информатики и информационных технологий ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». E-mail: ВШТ@magtu.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Институт энергетики и автоматизированных систем: история и перспективы развития направления автоматизированных систем / О.С. Логунова [и др.] // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т.7. – № 1. – С. 2-10.

Logunova O.S., Barankova I.I., Andreev S.M., Chusavitina G.N. (2019) On the eigenvalues of a differential operator. Software of systems in the industrial and social fields, 7 (1): 2-10.

УДК 514.742.24

**ВЕКТОРНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ДВУХ ВЕКТОРОВ В ЧЕТЫРЕХМЕРНОМ
ЕВКЛИДОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ С УЧЕТОМ ПРИКЛАДНЫХ АСПЕКТОВ***Попов И.П.*

Аннотация. Целью работы является определение векторного произведения двух векторов $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ в четырехмерном евклидовом пространстве. Вводится понятие -расщепления и симметричного m -расщепления базисных векторов, под которыми понимается трансформация R^n в R^{n+m-1} путем замены $\mathbf{e}_i$ на m векторов $\mathbf{e}_{i1}, \dots, \mathbf{e}_{ij}, \dots, \mathbf{e}_{im}$, ортогональных друг другу и всем другим базисным векторам исходного базиса. Решается некоторым образом обратная задача – при известном векторном произведении определение координат всех трех векторов в R^n . Устанавливается условие, в соответствии с которым векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ в R^4 лежит на одной прямой с проекцией суммы базисных ортов на 2-плоскость, перпендикулярную векторам $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$. Результаты работы могут использоваться при решении многомерных задач физики и техники.

Ключевые слова: градиент, функция, частная производная, интеграл, переменная.

Введение

В релятивистской электродинамике рассматривается четырехмерное пространство Минковского. Электромагнитная волна в этом пространстве также имеет две составляющие: вектор $\mathbf{e}$ напряженности электрического поля и вектор $\mathbf{h}$ напряженности магнитного поля [1]. Вектор Умова-Пойнтинга $\mathbf{u}$, характеризующий движение энергии, по определению равен векторному произведению $\mathbf{u} = [\mathbf{e}, \mathbf{h}]$. Однако до сих пор для его нахождения приходилось прибегать к лоренцевой калибровке, которая сокращает число компонент векторов $\mathbf{e}$, $\mathbf{h}$ и $\mathbf{u}$ до трех, но в то же время порождает неоднозначность в определении векторов, которую приходится преодолевать путем введения дополнительных условий. Полученный в настоящей работе результат позволяет устанавливать векторное произведение $\mathbf{u} = [\mathbf{e}, \mathbf{h}]$ непосредственно в R^4 , избегая неоднозначности и дополнительных условий.

Многомерная геометрия в настоящее время широко применяется и в других разделах физики для представления уравнений с несколькими неизвестными, функций нескольких переменных и систем с несколькими степенями свободы, а также собственных векторов и инвариантных подпространств линейных операторов в квантовой механике [2–4]. Пополнение арсенала ее средств векторным произведением двух векторов создает дополнительные возможности для теоретических исследований. Целью работы является определение векторного произведения двух векторов $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ в четырехмерном евклидовом пространстве.

В исследованиях литературе широко используется скалярное произведение двух векторов $\mathbf{c} = (\mathbf{a}, \mathbf{b})$ в многомерном пространстве. Оно является обобщением скалярного произведения для двух и трехмерного случаев [5–10]. Такое обобщение не представляло трудности, поскольку результат скалярного произведения в пространстве любой размерности однозначен. Иначе обстоит дело с векторным произведением, и бесконечность возможных решений является основной трудностью при обобщении его на многомерный ($n > 3$) случай. Задача, таким образом, состоит в разрешении этой трудности.

Метод исследований

Используются методы матричной алгебры, в том числе повороты координатных 2-плоскостей. Вводится понятие -расщепления и симметричного m -расщепления базисных векторов, под которыми понимается трансформация R^n в R^{n+m-1} путем замены $\mathbf{e}_i$ на m векторов $\mathbf{e}_{i1}, \dots, \mathbf{e}_{ij}, \dots, \mathbf{e}_{im}$, ортогональных друг другу и всем другим базисным векторам исходного базиса.

Результаты исследований

Далее применяются ортонормированные базисы.

Th 1 (существования). Для двух линейно независимых векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ в R^n существует их векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$.

Доказательство

Три линейно независимых вектора $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ и $\mathbf{g}$ имеют инвариантное описание, включающее в себя длины векторов, углы между ними и их взаимную ориентацию. Для каждого из этих трех векторов *однозначно* определена их проекция на любой другой вектор. Другими словами, определены их попарные скалярные произведения.

В этой связи векторы $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ и $\mathbf{g}$ имеют *однозначное* координатное описание в базисах любой размерности, начиная с 3 (пассивная точка зрения (alias)). При координатном описании они сохраняют размеры, углы между ними и взаимную ориентацию, поскольку в базисе любой размерности их попарные скалярные произведения остаются неизменными. Другими словами, координатное описание той или иной размерности при пассивной точке зрения не меняет сущность векторов и их отношений друг к другу. Следовательно, если в качестве вектора $\mathbf{g}$ рассматривать вектор $\mathbf{c}$, являющийся при инвариантном описании векторным произведением векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$, то его сущность в этом качестве не изменится при координатном описании в R^n . ■

Расщепление базисных векторов

Df 1. m -расщеплением базисного вектора $\mathbf{e}_i$ является трансформация R^n в R^{n+m+1} путем замены $\mathbf{e}_i$ на m векторов $\mathbf{e}_{i1}, \dots, \mathbf{e}_{ij}, \dots, \mathbf{e}_{im}$, ортогональных друг другу и всем другим базисным векторам исходного базиса, при этом

$$\mathbf{e}_i = \sum_{j=1}^m k_{ij} \mathbf{e}_{ij},$$

где k_{ij} – направляющие косинусы $\mathbf{e}_i$ в базисе $\mathbf{e}_{i1}, \dots, \mathbf{e}_{ij}, \dots, \mathbf{e}_{im}$.

Выбор направляющих косинусов k_{ij} может быть сопряжен с произволом. Произвол минимизируется при симметричном m -расщеплении.

Df 2. Симметричное m -расщепление базисного вектора – это m -расщепление, при котором

$$\forall j \in [1, m] \left| k_{ij} = \frac{\sqrt{m}}{m} \right|.$$

Представление векторного произведения двух векторов в R^n

Th 2. Векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ может быть представлено в R^n .

Доказательство:

Пусть в R^3 имеются два линейно независимых вектора $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$. Их координаты равны

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ и } \mathbf{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Для векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ в R^3 определено векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$.

Его координаты равны

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c_3 \end{pmatrix}.$$

Базисный вектор $\mathbf{e}_3$ подвергается симметричному $(n - 2)$ -расщеплению. В образовавшемся R^n (в базисе $\mathbf{e}'_1, \dots, \mathbf{e}'_j, \dots, \mathbf{e}'_n$) имеют место все три вектора (пассивная точка зрения), координаты которых, соответственно, равны

$$\mathbf{a}' = \begin{pmatrix} a'_1 \\ a'_2 \\ 0_3 \\ \vdots \\ 0_n \end{pmatrix}; \mathbf{b}' = \begin{pmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ 0_3 \\ \vdots \\ 0_n \end{pmatrix}; \mathbf{c}' = \begin{pmatrix} 0_1 \\ 0_2 \\ c'_3 \\ \vdots \\ c'_n \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где

$$\forall i \in [3, n] \left| c'_i = \frac{\sqrt{n-2}}{n-2} c_3. \right.$$

Произвольная квадратная матрица отображения T позволяет получить координаты всех трех векторов в другом базисе этой же размерности $\mathbf{e}''_1, \dots, \mathbf{e}''_j, \dots, \mathbf{e}''_n$:

$$\mathbf{a}'' = T \cdot \mathbf{a}' = \begin{pmatrix} a''_1 \\ \vdots \\ a''_n \end{pmatrix}; \mathbf{b}'' = T \cdot \mathbf{b}' = \begin{pmatrix} b''_1 \\ \vdots \\ b''_n \end{pmatrix}; \mathbf{c}'' = T \cdot \mathbf{c}' = \begin{pmatrix} c''_1 \\ \vdots \\ c''_n \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Таким образом, в произвольном базисе $\mathbf{e}''_1, \dots, \mathbf{e}''_j, \dots, \mathbf{e}''_n$ для двух векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ имеет место их векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ с координатами (2). ■

Тем самым решена некоторым образом обратная задача – при известном векторном произведении определение координат всех трех векторов в R^n .

Ex 1. В R^3 координаты векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ равны

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ и } \mathbf{b} = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Найти: $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$.

Координаты векторного произведения $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ равны

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 10 \end{pmatrix}.$$

Базисный вектор $\mathbf{e}_3$ подвергается симметричному 2-расщеплению. В образовавшемся R^4 координаты векторов равны

$$\mathbf{a}' = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \mathbf{b}' = \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \mathbf{c}' = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 7,071 \\ 7,071 \end{pmatrix}.$$

Произвольная квадратная матрица отображения

$$T = \begin{pmatrix} 0,497 & 0,628 & 0,287 & -0,527 \\ 0,47 & 0,22 & -0,814 & 0,262 \\ -0,171 & 0,604 & 0,296 & 0,72 \\ 0,709 & -0,439 & 0,41 & 0,369 \end{pmatrix}$$

позволяет получить координаты всех трех векторов в другом базисе этой же размерности

$$\mathbf{a}'' = T \cdot \mathbf{a}' = \begin{pmatrix} 2,876 \\ 1,599 \\ 1,47 \\ 0,101 \end{pmatrix}; \mathbf{b}'' = T \cdot \mathbf{b}' = \begin{pmatrix} 3,138 \\ 1,099 \\ 3,02 \\ -2,197 \end{pmatrix}; \mathbf{c}'' = T \cdot \mathbf{c}' = \begin{pmatrix} -1,695 \\ -3,902 \\ 7,184 \\ 5,503 \end{pmatrix}.$$

Ориентация векторного произведения

В R^3 вектор $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ лежит на линии пересечения плоскостей, нормальными которых являются векторы $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ или в терминах многомерного пространства – в 1-плоскости, образованной пересечением двух 2-плоскостей. В этой 1-плоскости можно построить два противоположно направленных вектора, величина которых равна модулю векторного произведения, и ортогональных векторам $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$. Формально концы этих векторов образуют в 1-плоскости 0-сферу.

В R^4 векторы $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ служат нормальными двум 3-плоскостям, пересечением которых является 2-плоскость, все векторы которой ортогональны векторам $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$. Концы векторов, величина которых равна модулю векторного произведения, образуют в этой 2-плоскости 1-сферу (окружность).

И в R^3 и в R^4 имеет место неоднозначность при выборе направления векторного произведения двух векторов. В R^3 приходится выбирать из векторов, ограниченных 0-сферой, в R^4 – из векторов, ограниченных 1-сферой (окружностью).

В R^3 неоднозначность преодолевается постулированием – в качестве направления $\mathbf{c}$ выбирается вектор правый относительно $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$.

Неоднозначность в R^4 может быть преодолена также как и в R^3 – выбором одного наиболее подходящего варианта.

По аналогии с взаимным расположением вектора $\mathbf{c}$ и вектора, являющегося суммой базисных ортов, имеющем место для частного случая (1), для произвольного базиса можно принять следующее условие.

Cond 1. Векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ в R^4 лежит на одной прямой с проекцией суммы базисных ортов на 2-плоскость, перпендикулярную векторам $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$.

Векторное произведение в R^3 формально удовлетворяет условию 1.

Повороты координатных 2-плоскостей

Пусть в базисе $\mathbf{e}_{i1}, \dots, \mathbf{e}_{ij}, \dots, \mathbf{e}_{in}$ вектор $\mathbf{d}$ имеет координаты d . Повороту i -й координатной 2-плоскости соответствует следующая матрица перехода

$$T_{ij} = \begin{pmatrix} 1_{11} & 0_{12} & \dots & 0_{1i} & \dots & 0_{1j} & \dots & 0_{1n} \\ 0_{21} & 1_{22} & \dots & 0_{2i} & \dots & 0_{2j} & \dots & 0_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0_{i1} & 0_{i2} & \dots & \cos\varphi & \dots & \sin\varphi & \dots & 0_{in} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0_{j1} & 0_{j2} & \dots & -\sin\varphi & \dots & \cos\varphi & \dots & 0_{jn} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0_{n1} & 0_{n2} & \dots & 0_{ni} & \dots & 0_{nj} & \dots & 1_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

При этом $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$ находятся из условия

$$d_i \cos\varphi + d_j \sin\varphi = d'_i \text{ и } -d_i \sin\varphi + d_j \cos\varphi = d'_j, \\ d'_j = 0, \text{ если } \cos\varphi = \frac{d_i}{\sqrt{d_i^2 + d_j^2}} \text{ и } \sin\varphi = \frac{d_j}{\sqrt{d_i^2 + d_j^2}} \text{ при } d'_i = \sqrt{d_i^2 + d_j^2}$$

Все другие координаты остаются без изменения.

Таким образом, поворотом i -й координатной 2-плоскости в соответствии с матрицей перехода T_{ij} можно изменять координаты i и j вектора $\mathbf{d}$, например, обнулять координату j .

Определение векторного произведения двух векторов в R^4

Пусть в базисе $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4$ векторы $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ имеют координаты

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix}; \mathbf{b} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix}.$$

Координаты суммы базисных ортов $\mathbf{s}$ равны

$$\mathbf{s} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Для перехода к новому базису $\mathbf{e}_1^*, \mathbf{e}_2^*, \mathbf{e}_3^*, \mathbf{e}_4^*$, в котором векторы $\mathbf{a}$, $\mathbf{b}$ и $\mathbf{s}$ будут иметь координаты

$$\mathbf{a}^* = \begin{pmatrix} a_1^* \\ 0_2 \\ 0_3 \\ 0_4 \end{pmatrix}; \mathbf{b}^* = \begin{pmatrix} b_1^* \\ b_2^* \\ 0_3 \\ 0_4 \end{pmatrix}, \mathbf{s}^* = \begin{pmatrix} s_1^* \\ s_2^* \\ s_3^* \\ s_4^* \end{pmatrix}, \forall i \in [3, 4] \left| s_i^* = \frac{\sqrt{4 - (s_1^*)^2 - (s_2^*)^2}}{2}, \right.$$

следует выполнить $6 - l$ поворотов координатных 2-плоскостей. Здесь l – число нулевых координат в исходном базисе. Каждому повороту соответствует своя матрица T_k типа (3).

Матрица перехода от базиса $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4$ к базису $\mathbf{e}_1^*, \mathbf{e}_2^*, \mathbf{e}_3^*, \mathbf{e}_4^*$ равна

$$T = \prod_{k=6-l}^1 T_k,$$

т.е. перемножение производится в обратной последовательности. При этом

$$\mathbf{a}^* = T\mathbf{a}, \mathbf{b}^* = T\mathbf{b}, \mathbf{s}^* = T\mathbf{s}.$$

Координаты вектора $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ в новом базисе $\mathbf{e}_1^*, \mathbf{e}_2^*, \mathbf{e}_3^*, \mathbf{e}_4^*$ в соответствии с условием 1 равны

$$\mathbf{c}^* = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c_3^* \\ c_4^* \end{pmatrix}, \forall i \in [3,4] \left| c_i^* = \frac{\sqrt{\mathbf{a}^2 \mathbf{b}^2 + (\mathbf{a} \cdot \mathbf{b})^2}}{2} \right. \quad (4)$$

Знак радикала в (4) выбирается таким образом, чтобы вектор $\mathbf{c}$ образовывал с $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ правую тройку векторов.

Координаты вектора $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ в исходном базисе $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4$ равны

$$\mathbf{c} = \mathbf{T}^{-1} \cdot \mathbf{c}^* = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{pmatrix}.$$

Результатом объединения классического инвариантного определения векторного произведения двух векторов и условия (1) является

Df 3. Векторное произведение $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ двух линейно независимых векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ в R^4 есть вектор, лежащий на одной прямой с проекцией суммы базисных ортов на 2-плоскость, перпендикулярную векторам $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$, модуль его равен $|\mathbf{a}^2 \mathbf{b}^2 + (\mathbf{a} \cdot \mathbf{b})^2|$, при этом векторы $\mathbf{a}, \mathbf{b}$ и $\mathbf{c}$ образуют правую тройку векторов.

Это определение при $n = 3$ полностью удовлетворяет классическому векторному произведению.

При $n = 4$ свойства векторного произведения, указанные в определении 3, не отличаются от классического трехмерного аналога, за исключением того, что вектор $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$ содержит не три, а четыре компоненты.

Note 1. Если $\forall i \in [3,4] | s_i^* = 0$, т.е. сумма базисных ортов $\mathbf{s}$ линейно зависима от векторов $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$, то их векторное произведение в соответствии с условием 1 неопределимо.

Ex 2. В R^4 по известным значениям $\mathbf{a}$ и $\mathbf{b}$ найти $\mathbf{c} = [\mathbf{a}, \mathbf{b}]$.

Решение. Пусть

$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 3,37 \\ 2,762 \\ -2,395 \\ -0,32 \end{pmatrix}; \mathbf{b} = \begin{pmatrix} 3,289 \\ 1,539 \\ -5,697 \\ 1,834 \end{pmatrix}.$$

Тогда

$$\mathbf{T}_1 = \begin{pmatrix} 0,988 & 0 & 0 & -0,156 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0,156 & 0 & 0 & 0,988 \end{pmatrix}, \mathbf{T}_2 = \begin{pmatrix} 0,818 & 0 & -0,575 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0,575 & 0 & 0,818 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \mathbf{T}_3 = \begin{pmatrix} 0,834 & 0,552 & 0 & 0 \\ -0,552 & 0,934 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{a}^1 = \mathbf{T}_1 \mathbf{a} = \begin{pmatrix} 3,411 \\ 2,762 \\ -2,395 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{a}^2 = \mathbf{T}_2 \mathbf{a}^1 = \begin{pmatrix} 4,168 \\ 2,762 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \mathbf{a}^3 = \mathbf{T}_3 \mathbf{a}^2 = \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{T}_{31} = \mathbf{T}_3 \mathbf{T}_2 \mathbf{T}_1 = \begin{pmatrix} 0,674 & 0,552 & -0,479 & -0,106 \\ -4,447 & 0,8334 & 0,317 & 0,07 \\ 0,568 & 0 & 0,818 & -0,09 \\ 0,156 & 0 & 0 & 0,988 \end{pmatrix} \text{ и } \mathbf{b}^3 = \mathbf{T}_{31} \mathbf{b} = \begin{pmatrix} 5,6 \\ -1,865 \\ -2,96 \\ 2,324 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{T}_4 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,626 & 0 & 0,78 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -0,78 & 0 & -0,626 \end{pmatrix} \text{ и } \mathbf{b}^4 = \mathbf{T}_4 \mathbf{b}^3 = \begin{pmatrix} 5,6 \\ 2,98 \\ -2,96 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{T}_5 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,709 & -0,705 & 0 \\ 0 & 0,705 & 0,709 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \text{ и } \mathbf{b}^5 = \mathbf{T}_5 \mathbf{b}^4 = \begin{pmatrix} 5,6 \\ 4,2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

$$\mathbf{T}_{51} = \mathbf{T}_5 \mathbf{T}_4 \mathbf{T}_{31} = \mathbf{T}_5 \mathbf{T}_4 \mathbf{T}_3 \mathbf{T}_2 \mathbf{T}_1 = \begin{pmatrix} 0,674 & 0,552 & -0,479 & -0,106 \\ -0,115 & -0,37 & -0,718 & 0,578 \\ 0,685 & -0,368 & 0,441 & 0,448 \\ 0,251 & -0,65 & -0,248 & -0,673 \end{pmatrix}.$$

Сумма ортов исходного базиса $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \mathbf{e}_3, \mathbf{e}_4$ в базисе базису $\mathbf{e}_1^5, \mathbf{e}_2^5, \mathbf{e}_3^5, \mathbf{e}_4^5$ имеет координаты

$$s^5 = T_{51}s = T_{51} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,641 \\ -0,625 \\ 1,207 \\ -1,32 \end{pmatrix}.$$

$$T_6 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0,045 & -0,999 \\ 0 & 0 & 0,999 & -0,045 \end{pmatrix} \text{ и } s^6 = T_6 s^5 = \begin{pmatrix} 0,641 \\ -0,625 \\ 1,265 \\ 1,265 \end{pmatrix}.$$

Матрица перехода от исходного базиса e_1, e_2, e_3, e_4 к базису $e_1^6, e_2^6, e_3^6, e_4^6$ равна

$$T_{61} = T_6 T_{51} = T_6 T_5 T_4 T_3 T_2 T_1 = \begin{pmatrix} 0,674 & 0,552 & -0,479 & -0,106 \\ -0,115 & -0,37 & -0,718 & 0,578 \\ -0,281 & 0,666 & 0,228 & 0,652 \\ 0,673 & -0,338 & 0,451 & 0,478 \end{pmatrix}.$$

Очевидно, что $a^6 = T_{61}a = a^3$, $b^6 = T_{61}b = b^5$, $s^6 = T_{61}s$.

Координаты вектора $c = [a, b]$ в последнем базисе $e_1^6, e_2^6, e_3^6, e_4^6$ в соответствии с (4) равны

$$c^6 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 14,849 \\ 14,849 \end{pmatrix}.$$

Координаты вектора $c = [a, b]$ в исходном базисе e_1, e_2, e_3, e_4 равны

$$c = T_{61}^6 c^6 = \begin{pmatrix} 5,822 \\ 4,869 \\ 10,081 \\ 16,786 \end{pmatrix}.$$

Note 2. Порядок обнуления координат и, следовательно, значения промежуточных матриц могут быть иными. При этом нетрудно убедиться, что итоговая матрица T (T_{61}) и значение вектора c в исходном базисе не изменяются.

Список использованных источников

1. Popov, I.P. (2016) Mathematical modeling of the formal analogy of electromagnetic field. Applied mathematics and control sciences, 4: 36–60.
2. Popov, I.P. (2017) A wave chain formed by the two monochromatic de Broglie waves. British journal of innovation in science and technology, 4(2): 27–31.
3. Popov, I.P. (2016) Mathematical modeling of the wave packet formed by two plane monochromatic de Broglie waves. Applied mathematics and control sciences, 2: 7–13.
4. Popov, I.P. (2016) Mathematical modeling of the formal analogy wave functions. Applied mathematics and control sciences, 1: 9–14.
5. Попов, И.П. Скалярная и векторная производные векторных полей и их приложение к задачам механики / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2017. – Т. 5. – № 1. – С. 2–7.
6. Попов, И.П. Поверхностный, нулевой и мнимый нулевой операторы набла / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2017. – Т. 5. – № 2. – С. 2–11.
7. Попов, И.П. Об одном способе восстановления функции по ее градиенту / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 8–11.
8. Popov, I.P. (2017) Vector differential surface operator. British journal of innovation in science and technology, 6(2): 25–31.
9. Попов, И.П. О некоторых операциях над векторами / И.П. Попов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика. – 2014. – № 5 (24). – С. 55–61.
10. Попов, И.П. Поверхностные градиент, дивергенция и ротор / И.П. Попов // Вестник Псковского государственного университета. Естественные и физико-математические науки. – 2014. – Вып. 5. – С. 159–172.

Материал поступил в редакцию: 11.01.2018
Материал принят к публикации: 30.03.2019

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

VECTOR MULTIPLICATION OF TWO VECTORS IN FOUR-DIMENSIONAL EUCLIDEAN SPACE WITH APPLIED ASPECTS

Popov I.P.

Abstract. The aim of the paper is to define the vector product of two vectors $c = [a, b]$ in four-dimensional Euclidean space. We introduce the notion of m -splitting and symmetric m -splitting of basis vectors, by which is meant the trans-

formation of R^n into R^{n+m-1} by replacing e_i by m vectors $e_{i1}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{im}$ orthogonal to each other and all other basis vectors of the original basis. The inverse problem is solved in some way-for a known vector product the definition of the coordinates of all three vectors in R^n . A condition is established in accordance with which the vector product $c = [a, b]$ in R^4 lies on one line with the projection of the sum of the basis vectors to the 2-plane perpendicular to the vectors a and b . The results of the work can be used to solve multidimensional physics and engineering problems.

Keywords: gradient, function, partial derivative, integral, variable.

References

1. Popov, I.P. (2016) Applied mathematics and control sciences, 4: 36–60.
2. Popov, I.P. (2017) British journal of innovation in science and technology, 4(2): 27–31.
3. Popov, I.P. (2016) Applied mathematics and control sciences, 2: 7–13.
4. Popov, I.P. (2016) Applied mathematics and control sciences, 1: 9–14.
5. Popov, I.P. (2017) Software of systems in the industrial and social fields, 5 (1): 2-7.
6. Popov, I.P. (2017) Software of systems in the industrial and social fields, 5 (2): 2-11.
7. Popov, I.P. (2018) Software of systems in the industrial and social fields, 6(1): 8-11.
8. Popov, I.P. (2017) British journal of innovation in science and technology, 6(2): 25–31.
9. Popov, I.P. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1: Matematika. Fizika, 2014, no 5(24), pp. 55-61.
10. Popov, I.P. Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki, 2014, Vyp. 5, pp. 159-172.

ОБ АВТОРАХ:

Попов Игорь Павлович – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Курганского государственного университета. E-mail: ip.popow@yandex.ru

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Попов, И.П. Векторное произведение двух векторов в четырехмерном евклидовом пространстве с учетом прикладных аспектов / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т.7. – № 1. – С. 11-17.

Popov I.P. (2019) Vector multiplication of two vectors in four-dimensional Euclidean space with applied aspects, 7 (1): 11-17.

УДК 537.84:519.6

О РАЗЛИЧНЫХ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРИБЛИЖЕНИЯХ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ

Ивочкин Ю.П., Тепляков И.О., Виноградов Д.А.

Аннотация. Представлены экспериментальные и численные результаты по влиянию внешнего осевого магнитного поля на структуру электровихревых течений. Численные расчеты были выполнены с использованием различных магнитогидродинамических приближений. Проведено сравнение результатов полученных с использованием электродинамического и безындукционного приближений, а так же результатов полученных при решении полной МГД-задачи. Описанные методы могут быть использованы для моделирования структуры течений в электродуговых печах постоянного тока или в других электрометаллургических установках.

Ключевые слова: магнитное поле, электровихревое течение, закон БИО-Савара-Лапласа, электродинамическое приближение, безындукционное приближение, полная МГД задача, NVIDIA CUDA.

Введение

Электровихревые течения (ЭВТ) образуются в результате взаимодействия неоднородного электрического тока, протекающего через жидкий металл, и собственного магнитного поля (МП) этого тока [1]. Такие течения имеют место во многих электрометаллургических процессах, например при электрошлаковой сварке, электродуговом переплаве, а так же в электрошлаковом переплаве, где существенным образом влияют на качество выходного продукта и срок службы плавильных агрегатов [2-8]. Рассмотрим систему, где электрический ток распространяется от малого полусферического электрода через жидкий металл к большому полусферическому электроду, при этом возникающая электромагнитная сила $\mathbf{F} = \mathbf{J} \times \mathbf{B}$ (здесь $\mathbf{J}$ плотность электрического тока, а $\mathbf{B}$ собственное магнитное поле) приводит электропроводящую жидкость в движение и образуется ЭВТ в форме одиночного торoidalного вихря рис. 1а.

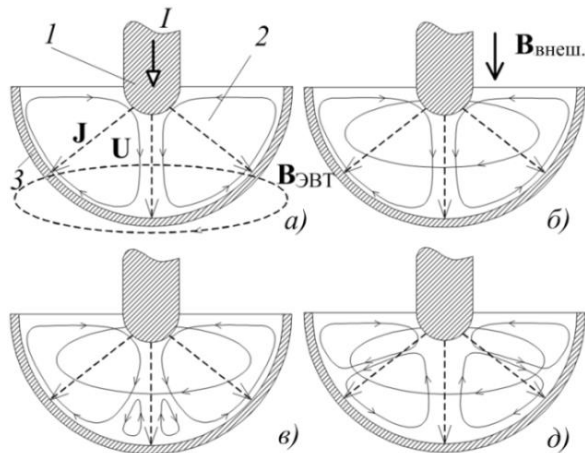


Рис.1. Структура ЭВТ: а – торoidalное ЭВТ; б – возникновение азимутальной закрутки; в – образование второго вихря; г – двухвихревое вращающееся ЭВТ

При наличии внешнего осевого МП возникает азимутальная закрутка жидкости рис. 1б, а затем восходящий вихрь, который противоположен первому вихрю рис. 1в, на рис. 1г представлена схема вращающегося двухвихревого течения. На рис. 1 введены обозначения: 1 – малый электрод, 2 – жидкий металл, 3 – большой электрод. Обычно задачи связанные с ЭВТ решаются в т.н. электродинамическом приближении (ЭД), электромагнитная сила вычисляется на основе распределения плотности электрического тока и собственного

МП. В работе [9] показано, что электродинамическое приближение применимо для электрических токов $I < 30 \text{ кА}$. Если значение электрического тока превышает 30 кА следует использовать следующий уровень приближений, т.н. безындукционное приближение (БИ), когда учитываются электрические токи индуцированные движением жидкого металла, но не учитывается МП созданное этими токами. Вместе с тем, работы по исследованию применимости электродинамического приближения при наличии внешнего осевого МП отсутствуют в научной литературе. Поэтому данная работа направлена на исследование применимости различных магнитогидродинамических (МГД) приближений при моделировании ЭВТ в присутствии внешнего осевого МП

Экспериментальная методика

Экспериментальные исследования проводились на установке, представленной на рис.2. В качестве рабочей жидкости в экспериментах использовался эвтектический сплав индий-галлий-олово [10]. Сплав заполнял полусферический контейнер радиусом $R_2=94\text{мм}$, который так же служил большим электродом. Малый медный электрод радиусом $R_1=2,5\text{мм}$ устанавливался в центр рабочей ванны. Электропитание установки осуществлялось от источника постоянного тока ($I \leq 1500\text{А}$), собранного по схеме Ларионова. Для создания внешнего осевого МП использовался соленоид, состоящий из 4 слоев по 57 витков медной лакированной проволоки диаметром 2,77 мм. Питание соленоида осуществлялось от источника постоянного тока ($I \leq 200\text{А}$). При силе тока $I=100\text{ А}$ осевое МП достигало значения $B_z=0,1\text{ Тл}$.

Для измерения азимутальной скорости, поверхность In-Ga-Sn заливалась 40% раствором соляной кислоты и в ходе химической реакции выделялись пузырьки водорода. Эти пузырьки служили метками по которым с помощью видеокамеры фиксировалась скорость закрутки жидкого металла. Для определения координат пузырьков использовались специальные линейки, помещенные на поверхность жидкого металла.

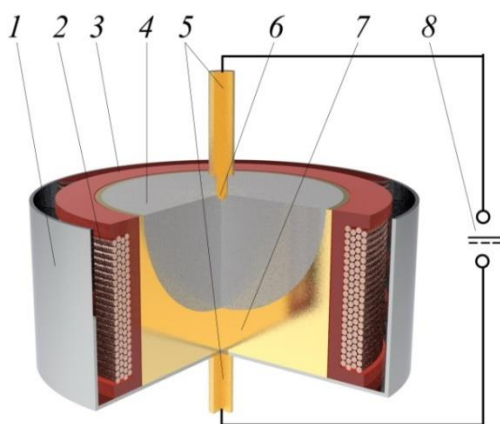


Рис. 2. Экспериментальная установка. 1 – теплообменная ванна, 2 – соленоид, 3 – катушка, 4 – эвтектический сплав In-Ga-Sn, 5 – токоподводы, 6- малый электрод, 7 – большой электрод, 8 – источник питания.



Рис.3. Пузырьки водорода на свободной поверхности жидкого металла.

Методика численного решения

Численное моделирование выполнялось для трех видов МГД приближений: электродинамическое, безындукционное и полная МГД задача. Уравнение движения (1) решалось методом контрольного объема на неструктурированной двумерной осесимметричной сетке (рис. 4) в цилиндрических координатах ($\partial \dots / \partial \varphi = 0$, $U_\varphi \neq 0$). Расчетная область имела вид четверти кольца ($R_1=2.5\text{мм}$ и $R_2=94\text{мм}$) и содержала 5000 ячеек, ось симметрии совпадала с осью z , а свободная поверхность с осью r .

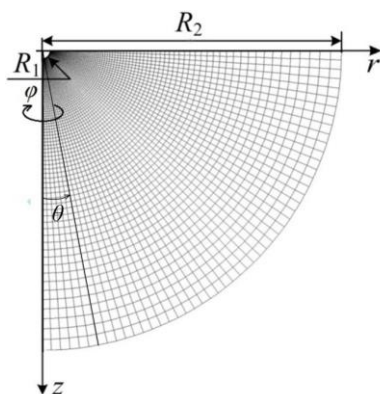


Рис. 4. 2D осесимметричная сетка

Уравнение движения имело следующий вид:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + (\mathbf{U} \nabla) \mathbf{U} \right) = -\nabla p + \rho \nu \Delta \mathbf{U} + \mathbf{F}, \quad (1)$$

здесь $\mathbf{U}$ – скорость жидкого металла, ρ - плотность жидкости, ν - коэффициент кинематической вязкости, p - давление, а $\mathbf{F}$ - электромагнитная сила.

При этом:

$$\mathbf{F} = \mathbf{J} \times \mathbf{B}, \quad (2)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_{\text{ЭВТ}} + \mathbf{B}_{\text{внеш.}}, \quad (3)$$

где $\mathbf{J}$ - плотность электрического тока, $\mathbf{B}$ - полное магнитное поле равно сумме собственного МП $\mathbf{B}_{\text{ЭВТ}}$ и внешнего осевого МП $\mathbf{B}_{\text{внеш.}}$ ($\mathbf{B}_{\text{внеш.}} = \mathbf{B}_z$).

$$\mathbf{F}_{\text{ЭД}} = \mathbf{J} \times (\mathbf{B}_{\text{ЭВТ}} + \mathbf{B}_{\text{внеш.}}). \quad (4)$$

Плотность тока и собственное МП находились аналитически в сферической системе координат:

$$J = \frac{I}{2\pi R^2}, \quad (5)$$

$$B_{\text{ЭВТ}\phi} = \frac{\mu_0 I (1 - \cos\theta)}{2\pi R \sin\theta}. \quad (6)$$

Далее для определения электромагнитной силы, выражения (4) и (5) переводились в цилиндрическую систему и вычислялось их векторное произведение.

Описанная выше методика расчета электромагнитной силы применима для электродинамического приближения. В безындукционном приближении учитываются электрические токи (МП созданное этими токами не учитывается), индуцированное движение электропроводящей среды:

$$\mathbf{J}_{\text{полн.}} = \mathbf{J} + \sigma \mathbf{U} \times \mathbf{B}, \quad (7)$$

где $\mathbf{J}_{\text{полн.}}$ – полная плотность тока, $\mathbf{J}$ – плотность тока проводимости, σ – электрическая проводимость жидкости, $\mathbf{B}$ – полное магнитное поле.

В случае безындукционного приближения, электромагнитная сила рассчитывается как:

$$F_{\text{БИ}} = (J + \sigma U \times (B_{\text{ЭВТ}} + B_{\text{внеш.}})) \times (B_{\text{ЭВТ}} + B_{\text{внеш.}}). \quad (8)$$

При решении полной МГД задачи требуется вычислить магнитное поле Винд. созданное индуцированными токами, при этом электромагнитная сила имеет вид:

$$F_{\text{МГД}} = (J + \sigma U \times (B_{\text{ЭВТ}} + B_{\text{внеш.}} + B_{\text{инд.}})) \times (B_{\text{ЭВТ}} + B_{\text{внеш.}} + B_{\text{инд.}}). \quad (9)$$

Магнитное поле $\mathbf{B}_{\text{инд.}}$ рассчитывалось с использованием закона Био-Савара-Лапласа:

$$\mathbf{B}_{\text{инд.}}(\mathbf{R}_0) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_V \frac{\mathbf{J} \times (\mathbf{R}_0 - \mathbf{R})}{(\mathbf{R}_0 - \mathbf{R})^3} dV, \quad (10)$$

здесь, $\mathbf{R}_0$ – радиус вектор точки в которой вычисляется магнитное поле, $\mathbf{R}$ – радиус вектор элемента тока, dV – элементарный объем.

Компоненты индуцированного магнитного поля в цилиндрической системе координат записываются следующим образом:

$$B_{\text{инд.}r} = 0, \text{ в осесимметричной системе координат,} \quad (11)$$

$$B_{\text{инд.}\phi} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \int_0^{2\pi} \frac{-J_z(r \cos\psi - r_0) - J_r(z_0 - z)}{(r_0^2 + r^2 - 2r_0 r \cos\psi + (z_0 - z)^2)^{3/2}} r d\psi dS, \quad (12)$$

$$B_{\text{инд.}z} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_S \int_0^{2\pi} \frac{J_\phi(r \cos\psi - r_0) - J_r r \sin\psi}{(r_0^2 + r^2 - 2r_0 r \cos\psi + (z_0 - z)^2)^{3/2}} r d\psi dS, \quad (13)$$

где dS – площадь ячейки, ψ – разность угловых координат радиус-векторов $\mathbf{R}_0$ и $\mathbf{R}$.

Интегралы (12), (13) вычислялись по формуле Симпсона (использовался 32х точечный шаблон) с применением технологии NVIDIA CUDA, что позволило сократить время расчета примерно в 100 раз [11] по сравнению с однопоточным вычислением на CPU.

Результаты

Для экспериментально-численного исследования применимости электродинамического приближения были выбраны режимы, в которых сила электрического тока, пропускаемого через жидкий металл $I = 10\text{A}$, а внешнее осевое магнитное поле менялось в диапазоне от 10^{-3} Тл до 2×10^{-2} Тл.

Режим $I = 10\text{A}$ был выбран по причине того, что при таких токах азимутальная закрутка не проводила к прогибу поверхности под малым электродом из-за пинч-эффекта. Как видно из рис. 5. при внешнем МП $B_z = 10^{-3}$ Тл существенного различия в рассчитанных скоростях по ЭД и БИ приближениям не наблюдается, а при внешнем МП $B_z = 2 \times 10^{-2}$ Тл как видно из рис. 6, ЭД приближение дает сильно завышенные значения скорости.

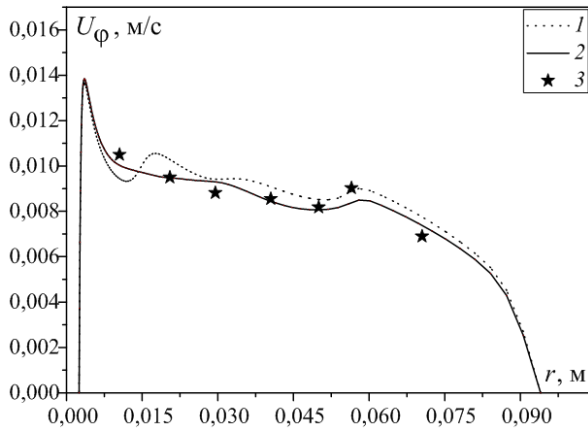


Рис. 5. Зависимость азимутальной скорости от расстояния от оси симметрии $B_{\text{внеш.}} = 10^{-3}$ Тл. 1 – ЭД приближение, 2 – БИ приближение, 3 – эксперимент.

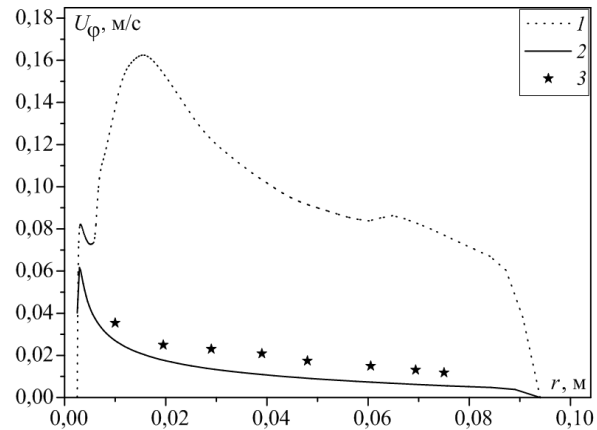


Рис. 6. Зависимость азимутальной скорости от расстояния от оси симметрии $B_{\text{внеш.}} = 2 \times 10^{-2}$ Тл. 1 – ЭД приближение, 2 – БИ приближение, 3 – эксперимент.

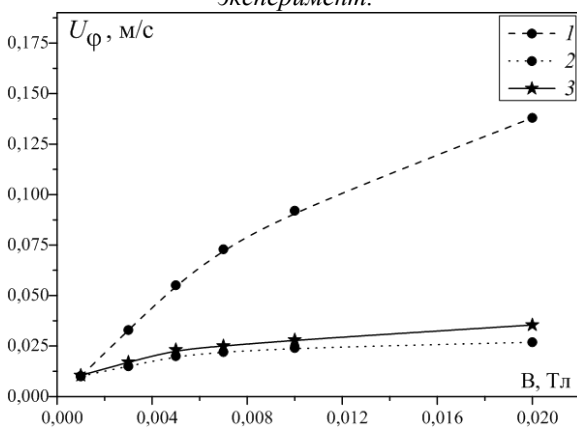


Рис. 7. Зависимость азимутальной скорости от внешнего МП при радиусе $r=10$ мм. 1 – ЭД приближение, 2 – БИ приближение, 3 – эксперимент.

Из графиков видно, что с ростом внешнего МП наблюдается рост скоростей, а при достижении некоторого значения МП начинается уменьшение скоростей жидкого металла, это связано с тем что индуцированные токи тормозят движение жидкости.

Режимы с электрическими токами порядка десятков - сотен ампер и внешними МП порядка 1 Тл не требуют решения полной МГД задачи.

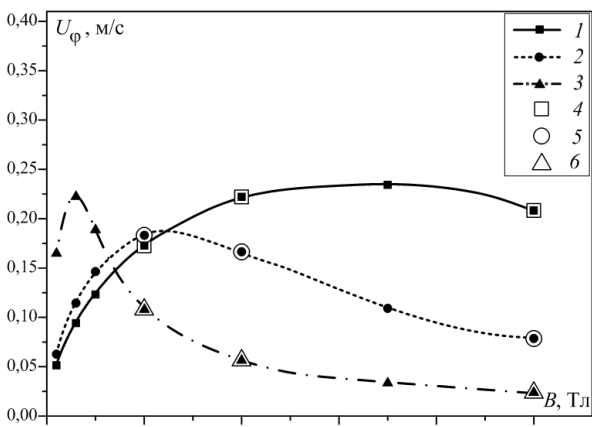


Рис. 8. Зависимость максимальной азимутальной скорости от внешнего МП. БИ приближение: 1 – Hg; 2 – In-Ga-Sn; 3 – Na. Полная МГД задача: 4 – Hg; 5 – In-Ga-Sn; 6 – Na

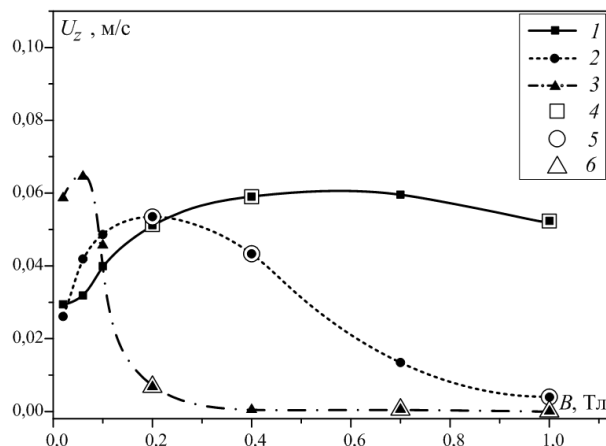


Рис. 9. Зависимость максимальной осевой скорости от внешнего МП. БИ приближение: 1 – Hg; 2 – In-Ga-Sn; 3 – Na. Полная МГД задача: 4 – Hg; 5 – In-Ga-Sn; 6 – Na

Тем не менее, важно определить при каких электрических токах и внешних МП следует решать полную МГД задачу.

Таблица 1

Жидкость	Электропроводность, См	Плотность, кг/м ³	Вязкость, м ² /с
In-Ga-Sn	$3,3 \times 10^6$	6450	$4,3 \times 10^{-7}$
Hg	1×10^6	13600	$1,0 \times 10^{-7}$
Na	1×10^7	930	$7,7 \times 10^{-7}$

Проведено численное моделирование и получены зависимости азимутальной/осевой скоростей от величины электрического тока, пропускаемого через жидкий металл. Внешнее осевое МП было принято $B_z = 0.1$ Тл, а в качестве рабочей жидкости использовался натрий (рис. 10, рис. 11). Из графиков видно, что максимальные азимутальные скорости, при расчете в БИ приближении и полной МГД задачи, отличаются примерно на 1,5% при токе 12000А, а различие между вычисленными осевыми скоростями достигает 10% при $I=3000$ А.

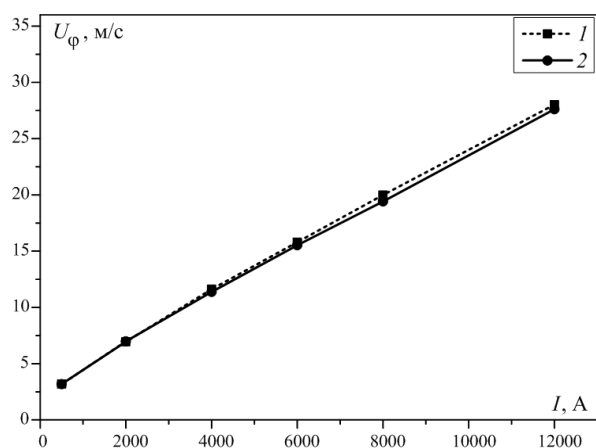


Рис. 10. Зависимость максимальной азимутальной скорости от электрического тока при внешнем МП 0.1 Тл (Na). 1–БИ приближение, 2 – Полная МГД задача

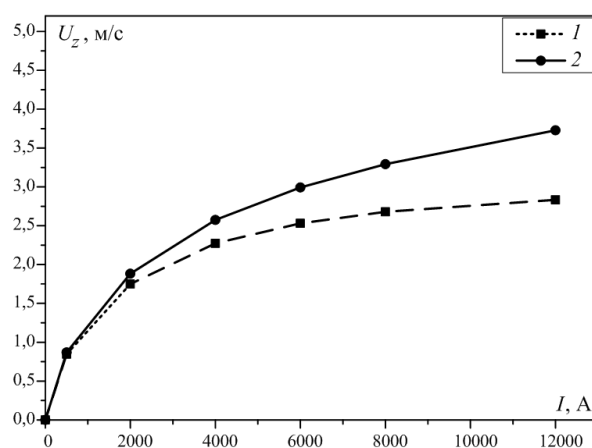


Рис. 11. Зависимость максимальной осевой скорости от электрического тока при внешнем МП 0.1 Тл (Na). 1–БИ приближение, 2 – Полная МГД задача

Заключение

Проведенные численно-экспериментальные исследования показывают, что для в наших условиях, для заданной геометрии и свойств жидкости, требуется использовать БИ приближение, при внешнем осевом МП превышающем $B_z = 1.25 \times 10^{-3}$ Тл. Так же показано, что чрезмерное увеличение внешнего МП приводит к торможению жидкого металла. Полную МГД задачу следует решать при величинах электрического тока $I > 3000$ А и внешнего МП $B_z > 0,1$ Тл.

Список использованных источников

1. Электровихревые течения / В.В. Бояревич [и др.]. – Рига: Зинатне, 1985. – 350с.
2. Компан, Я.Ю. Электрошлаковые сварка и плавка с управляемыми МГД-процессами / Я.Ю. Компан, Э.В. Щербинин – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.
3. Ячиков, И.М. Исследование на физической модели поведения токонесущей жидкости в ванне ДППТ под действием внешнего вертикального магнитного поля / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, Т.П. Ларина // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 2018. – № 1. – С. 28–34.
4. Yachikov, I.M. Behavior of Conducting Liquid within an Arc Furnace in a Vertical / I.M. Yachikov, I.V. Portnova, T.P. Larina // Steel in Translation. – 2018. – Vol. 48. – № 1. – Pp. 1–6.
5. Yachikov, I.M. Modeling of magnetic field behavior in dc arc furnace bath for different designs of current lead of bottom electrode / I.M. Yachikov, I.V. Portnova // Sciences of the Europe. – 2016. – Vol. 2. – № 2. – Pp. 67–72.
7. Yachikov, I.M. Modelling of electrovortex flows and heat/mass transfer in the dc arc furnace bath. Magnetohydrodynamics. 2016. – Vol. 52. – № 1. – Pp. 301–310.
8. Ячиков, И.М. Исследование магнитного поля в ванне дуговой печи постоянного тока при разной форме токоподводящей шины к подовому электроду / И.М. Ячиков, Р.Ю. Заляутдинов // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2014. – № 3. – С. 58–63.
9. Shcherbinin, E. Induction-free approximation in the theory of electrovortex flows / E. Shcherbinin // Magnetohydrodynamics. – 1991. – №27. – Pp. 308–311.
10. Prokhorenko, V. Physical properties of thermometric alloy In-Ga-Sn / V. Prokhorenko, E. Ratushnyak, B. Stadnyk, V. Lakh and A. Koval // High temperature. – 1970. – №8. – Pp. 374–378.

11. Ивочкин, Ю.П. Численный расчет магнитного поля с использованием технологии CUDA применительно к моделированию электровихревых течений / Ю.П. Ивочкин, Д.А. Виноградов, И.О. Тепляков // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2015. – №2. – С. 13-18.

Материал поступил в редакцию: 21.01.2019

Материал принят к публикации: 30.03.2019

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ABOUT DIFFERENT APPROXIMATIONS IN THE ELECTROVORTEX FLOW SIMULATION

Ivochkin Y.P., Teplyakov I.O., Vinogradov D.A.

Abstract. Experimental and numerical results on the influence of an external axial magnetic field on the structure of the electrovortex flows are presented. Numerical calculations were carried out using various magnetohydrodynamic approximations. A comparison of the results obtained using electrodynamic and non-inductive approximations, as well as the results obtained when solving the complete MHD problem was made. The described methods can be used for simulation the structure of flows in the direct-arc-furnaces or in other electrometallurgical apparatus.

Keywords: magnetic field, electrovortex flow, Biot-Savart law, electrodynamic approximation, non-induction approximation, Full MHD problem, NVIDIA CUDA.

Reference

1. Boyarevich V.V. [i dr.] *Elektrovikhrevye techeniya*. Zinatne, Riga, 1985.
2. Kompan Ya.Yu., Shcherbinin E.V. *Elektroshlakovye svarka i plavka s upravlyaemyi MGD-protsessami*. Mashinostroenie, Moscow, 1989.
3. Yachikov I.M., Portnova I.V., Larina T.P. *Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya*, 2018, no. 1, pp. 28-34.
4. Yachikov I.M., Portnova I.V., Larina T.P. *Steel in Translation*, 2018, no. 48(1), pp. 1-6.
5. Yachikov I.M., Portnova I.V. *Sciences of the Europe*, 2016, no. 2(2), pp. 67-72.
7. Yachikov, I.M. *Magnetohydrodynamics*, 2016, no. 52(1), pp. 301-310.
8. Yachikov I.M., Zalyautdinov R.Yu. *Izv. vuzov. Chernaya metallurgiya*, 2014, no. 3, pp. 58-63.
9. Shcherbinin E. *Magnetohydrodynamics*, 1991, no. 27, pp. 308-311.
10. Prokhorenko V., Ratushnyak E., Stadnyk B., Lakh V., Koval A. *High temperature*, 1970, no. 8, pp. 374-378.
11. Ivochkin Yu.P., Vinogradov D.A., Teplyakov I.O. *Matematicheskoe i programnoe obespechenie sistem v promyshlennoy i sotsialnoy sferakh*, 2015, no. 2, pp. 13-18.

ОБ АВТОРАХ:

Ивочкин Юрий Петрович – д.т.н, зав. лаборатории теплообмена в ядерных энергетических установках ОИВТ РАН. Email: vortex@iht.mpei.ac.ru.

Тепляков Игорь Олегович – канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник лаборатории теплообмена в ядерных энергетических установках ОИВТ РАН. Email: igor.teplyakov@mail.ru.

Виноградов Дмитрий Андреевич – мл. научн. сотрудник лаборатории теплообмена в ядерных энергетических установках ОИВТ РАН. Email: vinogradovda@gmail.com.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ивочкин, Ю.П. О различных магнитогидродинамических приближениях при моделировании электровихревых течений / Ю.П. Ивочкин, И.О. Тепляков, Д.А. Виноградов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т. 7. – № 1. – С. 18-23.

Ivochkin Y.P., Teplyakov I.O., Vinogradov D.A. (2019) About different approximations in the electrovortex flow simulation. Software of systems in the industrial and social fields, 7 (1): 18-23.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГРАФИТИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ИХ РАСХОДА В ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ПЕЧАХ

Ячиков И.М., Портнова И.В., Быстров М.В.

Аннотация. Значительную часть затрат готовой продукции при выплавке стали составляет стоимость графитированных электродов, поэтому снижение их удельного расхода является актуальной задачей. Целью работы является анализ эффективности использования охлаждения электрода при подаче газа через осевой канал и испарительного охлаждения боковой поверхности графитированных электродов для снижения их расхода в электродуговых печах трехфазного переменного и постоянного тока путем исследования на компьютерных моделях. Проанализировано тепловое состояние графитированного электрода при подаче газа через осевой канал при заданных геометрических и технологических параметрах в условиях работы ДСП-50. Установлено, что использование газового охлаждения позволяет отвести тепло от электрода в незначительном объеме, так как поступающий в осевой канал газ, имеющий небольшую теплоемкость, быстро нагревается до температур, сопоставимых с температурой самого электрода. Также посредством компьютерного моделирования проанализировано тепловое состояние и угар графитированных электродов для дуговых печей трехфазного и постоянного тока вместимостью 12 т. Показано, что для дуговых печей, работающих на постоянном и трехфазном переменном токе, использование водяного охлаждения электродов позволяет снизить расход графита примерно в полтора раза. Установлено, что подача воды в систему испарительного охлаждения наиболее рациональна в течение 1–2 минут после включения тока. Использование испарительного охлаждения графитированных электродов в дуговых печах может быть рекомендовано для снижения их расхода на действующих и проектируемых дуговых печах малой емкости постоянного и переменного токов.

Ключевые слова: дуговая печь, графитированный электрод, испарительное охлаждение, угар графита.

Введение

В условиях современной рыночной экономики России становится все сложнее составлять конкуренцию мировым лидерам по производству стали. На первые роли в выборе поставщика стальной продукции выходит стоимость металла и надежность предприятия (страны) производителя, иногда в ущерб качеству. В 2017 году всемирная ассоциация стали (*World Steel Association, WSA*) опубликовала данные о мировом производстве стали, согласно которым мировое производство выросло на 5,3% по сравнению с 2016 годом, составив 1,691 млрд т. Россия в этом списке заняла пятое место с показателем 71,3 млн т [1]. Для конкуренции мировым лидерам по производству стали предприятия России вынуждены искать пути по снижению себестоимости металла.

При выплавке стали электродуговым способом значительную часть затрат готовой продукции составляет стоимость графитированных электродов (ГЭ) (до 12,5%), поэтому снижение их удельного расхода является актуальной задачей [2]. При эксплуатации электродуговых печей расход ГЭ во многом зависит от их теплового состояния, окислительных свойств атмосферы печи, температурных условий в ней и наличия защитных покрытий поверхности электрода. Температурное поле определяет участки на торцевых и боковых поверхностях ГЭ, которые подвергаются существенному окислению и эрозии. Для увеличения стойкости ГЭ в литературе предлагаются различные мероприятия, связанные с нанесением на поверхность электрода огнеупорного антиокислительного покрытия или покрытия с высокими адгезионными свойствами, обработкой поверхности инертными или углеводородными газами, эффективные резьбовые конструкции по наращиванию длины электрода и другие активные действия, приводящие к снижению расхода электродов [3–14].

Основными недостатками многих подобных способов являются высокая стоимость используемых компонентов, сложная методика нанесения покрытий и использование специальной аппаратуры. Это сильно снижает экономический эффект по повышению стойкости ГЭ и уменьшает эффективность применения предлагаемых вариантов непосредственно в промышленных электродуговых печах.

Наиболее эффективными можно считать способы, приводящие к снижению температуры графитированного электрода за счет его принудительного охлаждения, например подача через осевой канал ГЭ аргона или природного газа; применение испарительного охлаждения его боковой поверхности. Проведение экспериментальных исследований теплового состояния ГЭ на дуговых печах крайне затруднительно по многим организационно-техническим

причинам, главными из которых являются высокие температурные режимы, высокая интенсивность излучения дуг и непрозрачная среда в рассматриваемых металлургических агрегатах. Это приводит к необходимости проводить оценку влияния роли охлаждения электродов на унос графита с использованием теоретических и компьютерных моделей.

Целью работы является анализ эффективности использования принудительного охлаждения графитированных электродов газом, подаваемым через осевой канал и испарительного охлаждения водой их боковой поверхности, определить влияние этих факторов на тепловое состояние электрода и снижение их расхода в электродуговых печах с использованием компьютерного моделирования.

Основная часть

Применение графитированных электродов с подачей газа через осевой канал известно довольно давно и позволяет решать ряд технологических задач, в том числе повышение устойчивости горения дуги, охлаждение электрода и его экранирование от окисления. Обжиг дуги позволяет работать на повышенных напряжениях с соответствующими электротехническими и металлургическими преимуществами.

По математической модели, рассмотренной в работе [15], создана компьютерная программа «Тепловое состояние графитированного электрода при подаче охладителя в осевой канал» [16]. Программа, написанная на языке C++ *Builder*, использует для хранения исходных данных, теплофизических свойств газов и материала электродов СУБД *Microsoft Access*. Она позволяет анализировать тепловое состояние графитированного электрода при подаче газа через его осевой канал при заданных геометрических и технологических параметрах, определяющих условия работы электрода в дуговой печи.

В качестве объекта моделирования выбраны электроды ДСП-50, имеющие следующие размеры: внешний диаметр 500 мм, диаметр осевого отверстия – 100 мм, высота – 1800 мм. Посредством компьютерного моделирования получена зависимость средней температуры поверхности ГЭ от объемного расхода водорода, подаваемого через осевой канал, в момент времени 0,1 ч от начала нагрева при токе дуги 30 кА (рис. 1, а). Видно, что средняя температура боковой поверхности электрода изменяется в пределах двух градусов, то есть слабо зависит от расхода охлаждающего газа. Так как водород обладает относительно других газов достаточно высокой теплоемкостью (среднее ее значение в диапазоне от 20–1000⁰С составляет $C_p \approx 14,8$ кДж/(кг К)), то влияние других газов на температуру поверхности электрода еще меньше.

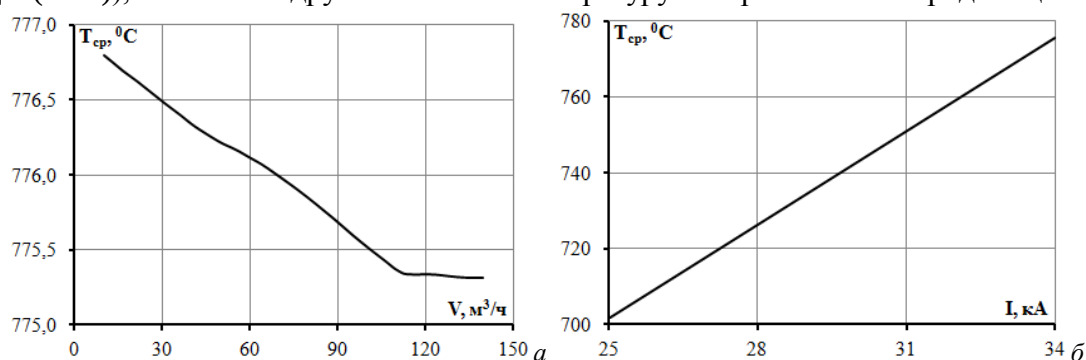


Рис. 1. Зависимости средней температуры поверхности ГЭ: а – от расхода водорода проходящего через осевой канал; б – от значения тока дуги при расходе водорода 113 м³/ч

На рис. 1, б показана зависимость средней температуры поверхности ГЭ от значения тока дуги при фиксированном расходе водорода 113 м³/ч. Видно, что при увеличении тока средняя температура поверхности графитированного электрода существенно возрастает. Это объясняется тем, что на нагрев боковой поверхности существенно влияет джоулево тепловыделение, которое происходит по всему объему электрода и пропорционально квадрату тока, а газ охлаждает только внутреннюю стенку осевого канала и малоэффективен для снижения нагрева боковой поверхности электрода.

В результате моделирования получены также зависимости изменения температуры (рис. 2, а) и скорости (рис. 2, б) охлаждающего газа по длине осевого канала ГЭ для разных газов, используемых в дуговой печи ДСП-50. На графиках видно, что охлаждение азотом и

водородом происходит только на начальном участке осевого канала, так как теплоноситель быстро нагревается до температур, сопоставимых с температурой самого графитированного электрода. Аргон по длине канала греется относительно слабо, но нагревается до той же температуры, что и остальные газы в области привязки дуги на нижней части электрода. Газы при своем нагреве до 1800°C разгоняются в 6-7 раз до скорости 25–30 м/с, что вполне достаточно для стабилизации горения дуги.

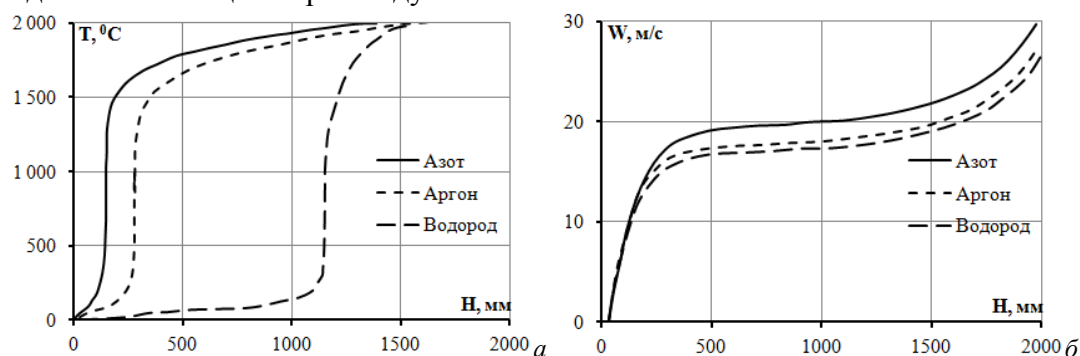


Рис. 2. Изменение параметров по длине осевого канала электрода ДСП-50 температур: а – скорости; б – охлаждающего газа

Следовательно, газовое охлаждение через осевой канал электрода позволяет отводить тепло от него в относительно небольшом объеме, за счет того, что поступающий в осевой канал газ быстро нагревается до температур, сопоставимых с температурой самого ГЭ и низкой теплоемкости используемых газов. При работе печи с использованием ГЭ недостаточного для данного токового режима диаметра возрастает средняя температура его поверхности, а значит и расход графитированных электродов, поэтому для каждого диаметра электрода и условий его работы в печи существует оптимальный ток.

Одним из перспективных путей снижения температуры ГЭ и его экранирования от окисления является применение испарительного охлаждения. Поддачи воды представляет собой систему ее орошения на боковую поверхность цилиндрических ГЭ и состоит из кольца испарительного охлаждения, которое монтируется вокруг электрода несколько ниже электрододержателя (рис. 3). Управление расходом воды осуществляется с помощью электромагнитных клапанов и редуктора давления. Трубы, расположенные в корпусе рукавов-консольей, и короткие шланги в переднем конце рукавов-консольей служат для подвода воды индивидуально к каждому кольцу. Система испарительного охлаждения позволяет также подавать сжатый воздух для продувки и в периоды, когда вода не требуется.

Для изучения испарительного охлаждения использовалась компьютерная программа «Моделирование теплового состояния электрода ДСП», созданная по математической модели, описанной в работах [17–18]. Программа позволяет определять тепловое состояние и унос графита для первоначально цилиндрического ГЭ в зависимости от его изменяющейся геометрии, проходящего через него тока и времени нахождения электрода в печи под током, а также от параметров водяного охлаждения.

Для проведения компьютерного моделирования были выбраны дуговые печи малой емкости ДСП и ДППТ вместимостью 12 т и примерно одинаковой полезной электрической мощности. Для ДСП-12 напряжение на дугах составляло 100–250 В; для ДППТ-12 – 120–300 В. Подробно технологические параметры ДСП-12 и ДППТ-12 используемые при расчетах приведены в работе [19].

Получены зависимости удельного угара графитированного электрода от времени его нахождения в печи под током при наличии и отсутствии испарительного охлаждения для ДСП-12 и ДППТ-12 (рис. 4). Видно, что с увеличением расхода воды расход ГЭ снижается из-за роста толщины стекающей водяной пленки и зоны теплового воздействия испарительного охлаждения. Установлено, что для обоих типов печей применение испарительного охлаждения с расходом воды $0,6 \text{ м}^3/\text{час}$ на один электрод снижает расход ГЭ примерно в 1,5 раза. Это с учетом того, что в ДСП-12 одновременно работают три электрода.

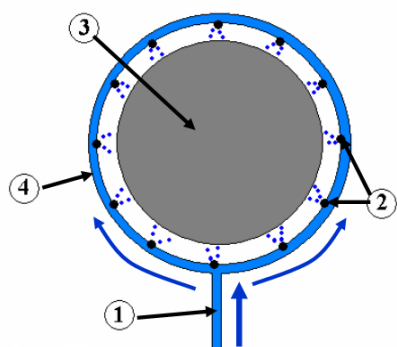


Рис. 3. Конструкция кольца испарительного охлаждения вокруг графитированного электрода:
1 – водоподводящая резиновая трубка;
2 – отверстия; 3 – электрод; 4 – кольцо испарительного охлаждения

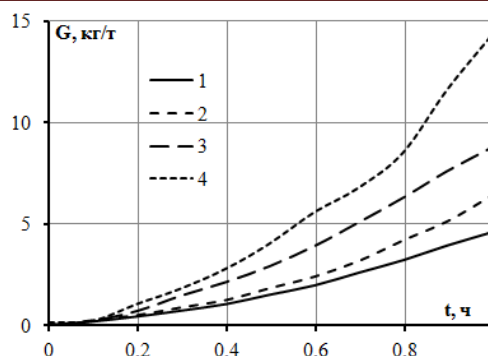


Рис. 4. Угар графитированного электрода от времени его нахождения в печи под током при наличии и отсутствии испарительного охлаждения для печи ДППТ-12 при разных расходах воды: 1 – 0,6 м³/ч; 2 – расход воды 0 м³/ч; для печи ДСП-12: 3 – 0,6 м³/ч, 4 – 0 м³/ч

При использовании системы принудительного водяного охлаждения с точки зрения эффективности использования электроэнергии важно знать, когда следует его включать и какой должен быть рациональный расход подаваемой воды. С этой целью получены графики удельного расхода графитированного электрода в зависимости от момента включения водяного охлаждения при разных расходах подаваемой воды на его охлаждение для ДППТ-12 (рис. 5). Установлено, что подача воды в систему испарительного охлаждения наиболее рациональна в течение 1–2 минут после включения тока.

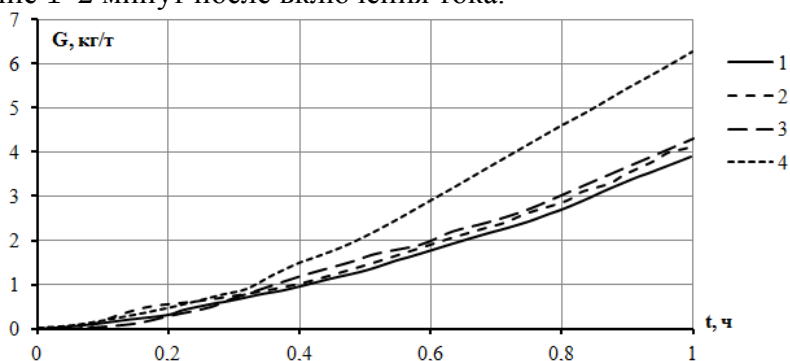


Рис. 5. Удельный расход графитированного электрода в зависимости от момента включения водяного охлаждения в ДППТ-12: 1 – через 0,08 мин, 2 – через 1 мин, 3 – через 2 мин, 4 – через 5 мин.

Выводы

1. Проанализировано тепловое состояние графитированного электрода при подаче газа через осевой канал при заданных геометрических и технологических параметрах в условиях работы ДСП-50.

В результате моделирования установлено:

- использование газового охлаждения позволяет отвести тепло от электрода в незначительном объеме, так как поступающий в осевой канал газ быстро нагревается до температур, сопоставимых с температурой самого электрода и при существующих его расходах имеет небольшую теплоемкость;
- при работе на графитированных электродах недостаточного для данного токового режима диаметра возрастает средняя температура их поверхности и расход, поэтому существует оптимальный ток для каждого диаметра электрода и конкретных условий его работы в печи.

2. Проанализировано тепловое состояние графитированного электрода при использовании испарительного охлаждения его боковой поверхности.

В результате моделирования установлено:

- температура в верхней половине электрода существенно снижается, расход графита примерно в 1,5 раза меньше, чем при его отсутствии, причем как для ДСП, так и для ДППТ;
- расход ГЭ на ДППТ немного ниже, чем в ДСП такой же тепловой мощности;

– подача воды в систему испарительного охлаждения наиболее рациональна в течение 1–2 минут после включения тока.

3. Применение испарительного охлаждения графитированных электродов в дуговых печах может быть рекомендовано для снижения их расхода на действующих и проектируемых дуговых печах малой емкости постоянного и переменного токов.

Список использованных источников

1. Территория стали: <https://www.steelland.ru/news/metallurgy/>
2. Колокольцев, В.М. Пути снижения расхода графитированных электродов в дуговых печах / В.М. Колокольцев, И.М. Ячиков, А.В. Сарычев / В сб. Литейные процессы. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. – С. 51–56.
3. Егоров, А.В. Электроплавильные печи черной металлургии: Учебник для вузов. / А.В. Егоров. – М.: Металлургия, 1985. 280 с.
4. А.с. СССР 1381738, МКИ H05B 7/085. Способ регенерации графитовых электродов плавильных печей / В.М. Александров, Б.А. Кулаков, В.К. Дубровин, опублик. 15.03.1988. Бюл. № 10.
5. Пат. 2218676 РФ МКИ H05B 7/07 Способ восстановления графитированных электродов дуговых электросталеплавильных печей / А.В. Стадничук, В.И. Стадничук, опублик. 10.12.2003 Бюл. № 34.
6. А.с. СССР 1700776, МКИ H05B 7/085. Способ защиты электрода электродуговой печи от окисления / О.М. Сосонкин, С.И. Герцык, опублик. 23.12.1991. Бюл. № 47.
7. Графитированные электроды и специализированные системы технического обслуживания сталеплавильных цехов во всем мире. SGL Group // Металлургическое производство и технология. – 2014. – № 2. – С. 16–21.
8. Грудницкий, О.М. Пути снижения удельного расхода графитированных электродов на электросталеплавильных печах / О.М. Грудницкий, Р.А.-Р. Исаков, В.К. Коробов // Литье и металлургия. – 2011. – № 1. – С. 100–101.
9. Каблуковский, А.Ф. Краткий справочник электросталеваара / А.Ф. Каблуковский, А.Е. Молчанов, М.А. Каблуковская. – М.: Металлургия, 1994. 352 с.
10. Грудницкий, О.М. Влияние климатического фактора на удельный расход графитированных электродов / О.М. Грудницкий, А.И. Рожков, А.В. Феклистов // Литье и металлургия. – 2012. – № 2. – С. 94–97.
11. Дыскина, Б.Ш. Использование техногенных отходов уральского региона для защиты графитированных электродов / Б.Ш. Дыскина, Т.В. Кабанова // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28. – № 10. – С. 39–41.
13. Schwabe, W.E. The Mechanics of Consumption of Graphite Electrodes in Electric Steel Furnaces / W.E. Schwabe // Electric Furnace Proceedings. – 1971. – pp. 140–145.
14. John, R. Montminy Vibration Resistant Thread Design to Prevent Loosening of Graphite Electrode Joints on an Electric Arc Furnace / R. John // http://acs.omnibooksonline.com/data/papers/2007_D032.pdf.
15. Ячиков, И.М. Моделирование теплового состояния графитированного электрода при подаче газа в осевой канал / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, М.В. Быстров / В сб. трудов XV конгресса сталеплавыльщиков. – М.: ООО «РПК ПринтАП», 2018. – С. 180–186.
16. Ячиков И.М., Быстров М.В., Портнова И.В. Моделирование теплового состояния электрода ДСП // Свидетельство РФ о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2017617959.
17. Mokhov, V.A. Simulation of the thermal state of graphitized electrodes in an arc furnace with allowance for evaporation cooling / V.A. Mokhov, I.M. Yachikov // Russian metallurgy (Metally). – 2013. – № 6. – С. 465–470.
18. Ячиков, И.М. Моделирование теплового состояния графитированных электродов при испарительном охлаждении / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, М.В. Быстров / В сб. Современные научные достижения металлургической теплотехники и их реализация в промышленности. – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 203–208.
19. Ячиков, И.М. Использование испарительного охлаждения графитированных электродов для снижения их расхода в дуговых печах малой емкости / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, М.В. Быстров / В сб. Современные проблемы электрометаллургии стали. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – Ч. 2. – С. 191–198.

Материал поступил в редакцию: 31.01.2019

Материал принят к публикации: 30.03.2019

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF FORCED COOLING OF GRAPHITIZED ELECTRODES TO REDUCE THEIR CONSUMPTION IN ELECTRIC ARC FURNACES

Yachikov I.M., Portnova I.V., Bystrov M.V.

Abstract. A significant part of the cost of finished products in steelmaking is the cost of graphitized electrodes, that is why reducing their specific consumption is a relevant problem. The object of the article is to analyze the efficiency of using electrode cooling when gas is supplied through the axial channel and evaporative cooling of the lateral surface of graphitized electrodes in order to reduce their consumption in three-phase AC and DC electric arc furnaces by studying on computer models. The thermal state of the graphitized electrode during gas supply through the axial channel at the given geometric and technological parameters under the conditions of DSP-50 operation was analyzed. It was found that the use of gas cooling makes it possible to remove the heat from the electrode to a small extent, since the gas entering the axial channel, which has a small heat capacity, quickly heats up to temperatures comparable to the temperature

of the electrode itself. Also, using computer simulation, the thermal state and burning of graphitized electrodes for three-phase and direct current arc furnaces with a capacity of 12 tons were analyzed. It is shown that for arc furnaces operating on direct and three-phase alternating current, the use of water cooling of the electrodes can reduce graphite consumption by about one and a half times. It was established that the water supply to the evaporative cooling system is most rational within 1–2 minutes after turning on the current. The use of evaporative cooling of graphitized electrodes in arc furnaces can be recommended to reduce their consumption on existing and designed arc furnaces of small capacity of direct and alternating currents.

Keywords: arc furnace, graphite electrode, evaporative cooling, graphite frenzy.

References

1. *Territoriya stali*: <https://www.steelland.ru/news/metallurgy/>
2. Kolokoltsev V.M., Yachikov I.M., Sarychev A.V. *Liteynye protsessy*, 2006, pp. 51-56.
3. Egorov A.V. *Elektroplavilnye pechi chernoy metallurgii: Uchebnik dlya vuzov*. Metallurgiya, Moscow, 1985.
4. A.s. SSSR 1381738, MKI N05V 7/085. Sposob regeneratsii grafitovykh elektrodov plavilnykh pechey / V.M. Aleksandrov, B.A. Kulakov, V.K. Dubrovin, opubl. 15.03.1988. Byul. № 10.
5. Pat. 2218676 RF MKI N05V 7/07 Sposob vosstanovleniya grafitirovannykh elektrodov dugovykh elektrostaleplavilnykh pechey / A.V. Stadnichuk, V.I. Stadnichuk, opubl. 10.12.2003 Byul. № 34.
6. A.s. SSSR 1700776, MKI N05V 7/085. Sposob zashchity elektroda elektrodugovoy pechi ot okisleniya / O.M. Sosonkin, S.I. Gertsyk, opubl. 23.12.1991. Byul. № 47.
7. *Metallurgicheskoe proizvodstvo i tekhnologiya*, 2014, no. 2, pp. 16-21.
8. Grudnitskiy O.M., Iskhakov R.A.-R., Korobov V.K. *Lite i metallurgiya*, 2011, no. 1, pp. 100-101.
9. Kablukovskiy A.F., Molchanov A.E., Kablukovskaya M.A. *Kratkiy spravochnik elektrostalevara*. Metallurgiya, Moscow, 1994.
10. Grudnitskiy O.M., Rozhkov A.I., Feklistov A.V. *Lite i metallurgiya*, 2012, no. 2, pp. 94-97.
11. Dyskina B.Sh., Kabanova T.V. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, 2014, vol. 28(10), pp. 39-41.
13. Schwabe, W.E. *Electric Furnace Proceedings*, 1971, - pp. 140-145.
14. John R. <http://acs.omnibooksonline.com/data/papers/2007_D032.pdf>.
15. Yachikov I.M., Portnova I.V., Bystrov M.V. *Modelirovanie teplovogo sostoyaniya grafitirovannogo elektroda pri podache gaza v osevoy kanal* / V sb. trudov XV kongressa staleplavilshchikov. OOO «RPK PrintAP», Moscow, 2018, pp. 180-186.
16. Yachikov I.M., Bystrov M.V., Portnova I.V. *Modelirovanie teplovogo sostoyaniya elektroda DSP*, № 2017617959.
17. Mokhov V.A., Yachikov I.M. // *Russian metallurgy (Metally)*, 2013, no. 6, ppS. 465-470.
18. Yachikov I.M., Portnova I.V., Bystrov M.V. *Modelirovanie teplovogo sostoyaniya grafitirovannykh elektrodov pri isparitelnom okhlazhdenii* / V sb. Sovremennye nauchnye dostizheniya metallurgicheskoy teplotekhniki i ikh realizatsiya v promyshlennosti. UrFU, Ekaterinburg, 2018, pp. 203-208.
19. Yachikov I.M., Portnova I.V., Bystrov M.V. *Ispolzovanie isparitelnogo okhlazhdeniya grafitirovannykh elektrodov dlya snizheniya ikh raskhoda v dugovykh pechakh maloy emkosti* . V sb. Sovremennye problemy elektrometallurgii stali. Izdatelskiy tsentr YuUrGU, Chelyabinsk, 2017, Ch. 2, pp. 191-198.

ОБ АВТОРАХ:

Ячиков Игорь Михайлович – профессор кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: jachikov@mail.ru

Портнова Ирина Васильевна – ст. преподаватель кафедры технологий металлургии и литейных процессов ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия. E-mail: iragzt@mail.ru

Быстров Михаил Викторович – инженер-технолог 2-ой категории отдела главного металлурга публичное акционерное общество «Машиностроительный завод им. Калинина», г. Екатеринбург, , Россия. E-mail: ping.w1n@mail.ru

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ячиков, И.М. Анализ эффективности использования принудительного охлаждения графитированных электродов для снижения их расхода в электродуговых печах / И.М. Ячиков, И.В. Портнова, М.В. Быстров // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т.7. – № 1. – С. 24-29.

Yachikov I.M., Portnova I.V., Bystrov M.V. (2019) Анализ эффективности использования принудительного охлаждения графитированных электродов для снижения их расхода в электродуговых печах. Software of systems in the industrial and social fields, 7 (1): 24-29.

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

DATA PROCESSING

УДК 004.89:378.147

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В ОБРАЗОВАНИИ

Ерсултанова З.С., Айтбенова А.А., Даулетбаева Г.Б.

Аннотация. В данной статье авторы дают определение таким понятиям как информационные и интеллектуальные системы. Рассмотрена постановка задачи «Автоматизация учебного процесса» и выбор методов решения данной задачи так же актуальность применения ИИС в области высшего образования в частности применения сенсорного электронного устройства с видео наблюдением и распознаванием образов с последующим сбором данных о студентах присутствующих в аудиторий во время занятий, что является автоматизации рабочего места преподавателя и учебного процесса в целом. В статье так же изложены комплексы робототехнических устройств, применение которых позволят составление аппаратно-техническую часть задачи.

Ключевые слова: Интеллектуальные системы, нейронные сети, искусственная жизнь, автоматизированные процессы, сенсор, распознавание лиц, робототехнические системы, микроконтроллер, интеллектуальные функций.

Введение

Интеллектуальные системы проникают во все сферы нашей жизни, поэтому трудно провести строгую классификацию направлений, по которым ведутся активные и многочисленные исследования в области ИИ.

Интеллектуальная информационная система (ИИС) – это один из видов автоматизированных информационных систем, иногда ИИС называют системой, основанных назначениях. ИИС представляет собой комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи: осуществление поддержки деятельности человека поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке.

Любая информационная система (ИС) выполняет следующие функции: воспринимает вводимые пользователем информационные запросы и необходимые исходные данные, обрабатывает введенные и хранимые в системе данные в соответствии с известным алгоритмом и формирует требуемую выходную информацию. С точки зрения реализации перечисленных функций ИС можно рассматривать как фабрику, производящую информацию, в которой заказом является информационный запрос, сырьем – исходные данные, продуктом – требуемая информация, а инструментом (оборудованием) – знание, с помощью которого данные преобразуются в информацию.

Распознавание образов – это одно из самых ранних направлений ИИ, в котором распознавание объектов осуществляется на основании применения специального математического аппарата, обеспечивающего отнесение объектов к классам [3], а классы описываются совокупностями определённых значений признаков.

Интеллектуальные информационные системы (ИИС) – естественный результат развития обычных информационных систем, сосредоточили в себе наиболее наукоемкие технологии с высоким уровнем автоматизации не только процессов подготовки информации для принятия решений, но и самих процессов выработки вариантов решений, опирающихся на полученные информационной системой данные.

Интеллектуальная информационная система (ИИС) основана на концепции использования базы знаний для генерации алгоритмов решения прикладных задач различных классов в зависимости от конкретных информационных потребностей пользователей.

Для ИИС характерны следующие признаки:

- развитые коммуникативные способности;
- умение решать сложные плохо формализуемые задачи;
- способность к самообучению;
- адаптивность.

Каждому из перечисленных признаков условно соответствует свой класс ИИС. Различные системы могут обладать одним или несколькими признаками интеллектуальности с различной степенью проявления (рис.1).



Рис. 1. Классификация ИИС

Средства ИИ используются для реализации различных функций, выполняемых ИИС. На рисунке 1 приведена классификация ИИС, признаками которой являются следующие интеллектуальные функции:

- коммуникативные способности – способ взаимодействия конечного пользователя с системой;
- решение сложных плохо формализуемых задач, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, характеризующейся неопределенностью и динамичностью исходных данных и знаний;
- способность к самообучению – умение системы автоматически извлекать знания из накопленного опыта и применять их для решения задач;
- адаптивность – способность системы к развитию в соответствии с объективными изменениями области знаний.

Основная часть

Интеллектуальные информационные системы применяются для решения сложных задач, где основная сложность решения связана с использованием слабоформализованных знаний специалистов-практиков и где логическая (или смысловая) обработка информации превалирует над вычислительной.

Анализируя особенности образовательной среды педагогических вузов с точки зрения реализации психолого-педагогического сопровождения участников образовательного процесса, мы зачастую сталкиваемся с отсутствием автоматизированных процессов для облегчения преподавательской деятельности как проверка присутствия на занятиях студентов в больших поточных аудиториях для последующих выявлений успеваемости студентов по данному предмету, что ещё в настоящее время немало актуально в образовании. В связи с вышеизложенным, мы предлагаем разработку автоматизированной системы для контроля учебного процесса, основанной на применении интеллектуально-информационных систем, где логическая (или смысловая) обработка информации превалирует над вычислительной.

1 Постановка задачи «Автоматизация контроля учебного процесса»

Создание автоматизированной интеллектуальной системы, с сенсорным определением кодов личных карточек студентов предназначенных для подключения к индивидуальному компьютеру преподавателя с целью определения количества студентов присутствующих на занятиях в поточных аудиториях и автоматического определения личности студента через расшифровки кодов личных карточек.

Подобная система слежения используется в первую очередь для повышения эффективности учебного процесса, однако она также помогает предотвратить возможные инциденты в учебных заведениях.

Стоит отметить, что данные учащихся находятся в безопасности. Система не хранит снимки из классных комнат. Кроме того, все данные хранятся локально и не уходят в облако [13].

2 Выбор метода решения задачи

В качестве метода разработки программной реализации решения задачи выбраны нейросетевые методы распознавания человека по изображению лица. Нейросетевые методы, основанные на применении различных типов искусственных нейронных сетей (ИНС, в дальнейшем просто нейронные сети, НС), в последнее время получили широкое распространение. Основные задачи, решаемые при помощи нейронных сетей следующие.

- разбиение пространства признаков на области, соответствующие классам (классификация, распознавание, кластеризация);
- извлечение ключевых характеристик, сжатие и реконструкция образов;
- аппроксимация функции многих переменных с любой заданной точностью;
- прогнозирование временных рядов;
- ассоциативная память;
- решение оптимизационно-комбинаторных задач;
- топологически упорядоченное преобразование пространства;
- распознавание с учётом топологии пространства.

Большинство из этих задач прямо или косвенно связаны с распознаванием изображений. Основные преимущества, которыми обладают нейронные сети следующие [7]. Настройка нейронной сети для решения определённой задачи производится в процессе обучения на наборе тренировочных примеров. Таким образом, не требуется вручную определять параметры модели (выбирать ключевые признаки, учитывать их взаимоотношение и т.п.) – НС извлекает параметры модели автоматически наилучшим образом в процессе обучения. Остаётся только построить тренировочную выборку. В задачах классификации при этом происходит неявное выделение ключевых признаков внутри сети, определение их значимости и системы взаимоотношений между признаками.

– В настоящее время разработаны мощные, гибкие и универсальные механизмы обучения различных типов НС. Кроме различных способов применения нейронных сетей к распознаванию человека по изображению лица, существует множество работ, посвящённых применению нейронных сетей к распознаванию и обработке изображений других видов объектов. Среди них можно назвать научные исследования машинного обучения труды *Farid Melgani – University of Trento*, который получил следующие выводы в своем исследовании в данной области

- В многочисленных приложениях система распознавания должна анализировать сложные явления.
- Для повышения вероятности системы часто, один из разных датчиков (Источники).
- В этих сценариях система должна быть способна к взлому.
- Слияние может происходить на двух основных уровнях: данных / функций и уровней принятия решений, каждый из которых является объектом различной методологической проблематики (рис. 2).

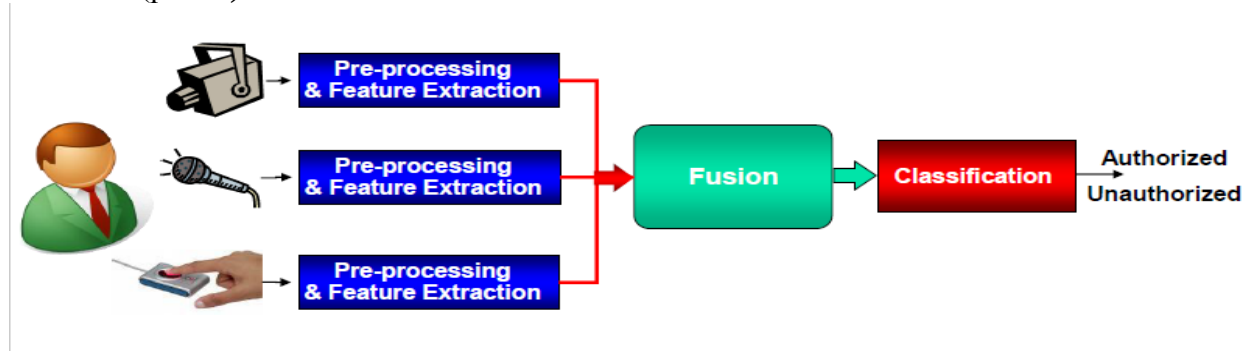


Рис.2. Мультисенсорные распознавательные системы

3 Робототехнические системы

Для реализаций робототехники в современном образовании предлагаются комплексы технических микроконтроллеров, которые выполняют различные интеллектуальные функций. Например «Платформы *ArduinoUNO*» (рис.3- рис.5).

ArduinoUno-это плата с микроконтроллером, которая позволяет управлять любой электроникой, моторами, считывать значения датчиков и сенсоров. Плата подключается к ПК и программируется на C++.



Рис.3. Интеллектуальные функций элементов *ArduinoUno*

Существуют альтернативные наборы для *Arduino Uno* как наборы «Амперка» (рис.4) и набор «Матрёшка».

Образовательный набор «Амперка» – это готовый учебный курс для изучения детьми прикладного программирования и робототехники.



Рис. 4. Набор «Амперка»



Рис. 5. Элементы набора «Матрёшка»

Набор «Матрёшка» включает радиодетали, провода, макетную плату. С помощью данного набора есть возможность создания 20 устройств, которых можно подключить к ПК и программировать на C++ (рис. 5). Рост ИИ оказался более крутым и более сложный путь, чем первоначально предполагалось. Один из вариантов устойчивый прогресс. Другой, разделяемый научной фантастикой писатели, такие как Вернор Винг, предлагают прорыв, возможно возникающие в результате исследований искусственной жизни, могут когда-нибудь создать истинный, но по-настоящему чужой интеллект [6].

Искусственная жизнь (AL) – это новая область, которая пытается имитировать поведение живых существ в сфере компьютеров и робототехники. Поле перекрывает искусственный интеллект (AI), поскольку умное поведение - это аспект живых существ. Дизайн механизма самовоспроизведения Джона фон Неймана в середине 1960-х годов была первой моделью искусственной жизни (см. Фон Нейманн, Джон). Область была расширена за счет разработки клеточных автоматов, типичных для Джона Конвей. Компоненты, взаимодействующие в соответствии с несколькими конкретными правилами может генерировать сложные возникающие закономерности. Программа по разработке генетических алгоритмов Джона Холланда добавлен отбор и эволюция к акту репродукции. Этот подход обычно включает в себя создание многочисленных небольшие программы со слегка меняющимся кодом и имеющие их попытайтесь выполнить такую задачу, как сортировка данных или распознавание шаблонов. Те программы, которые оказываются

наиболее «подходящими» при выполнении задача позволяет выжить и размножаться. В акте воспроизводство, биологические механизмы, такие как генетическая мутация и кроссовер могут вмешиваться. Аналогичный подход можно найти в нейронной сети, где те узлы, которые преуспевают лучше задачам дается больший «вес» при создании составного решение проблемы. Более сложный, но интересный подход к *AL* – это создавать реальные роботизированные «организмы», которые перемещаются по физическому Крейг Рейнольдс использует этот принцип для моделирования флорирования мира, и строит планы на основе целей. Но такие роботы, построенные как полномасштабные проекты, разделяют несколько характеристик искусственной жизни. Как и в случае с ИИ, подход «снизу вверх» предлагается другая стратегия, которая называется «быстрой, дешевой и из-под контроля» - производство многочисленных небольших, простых, насекомых-роботов, которые имеют только простые формы поведения, но потенциально способный взаимодействовать неожиданными способами. Если значимый генетический и репродуктивный механизм может быть включенный в такие роботы, результат будет намного ближе к истинной искусственной жизни [6].

Философские последствия, связанные с возможным развитие истинной искусственной жизни аналогично связанных с «сильным ИИ». Люди привыкли к просмотру сами по себе как вершина иерархии интеллекта и творчество.

Заключение

Таким образом, применение интеллектуально-информационных систем и технологий в образовании требует решения интеллектуальных задач в распределённых компьютерных средах. Использование искусственного интеллекта и выбора одного из методик решения задач как искусственные нейронные сети, робототехнических систем и распознавания образов. Решение задач ИИС имеют важную роль в науке и их реализации значительно приведут к улучшению работ работников сферы образования. Также контроль учебного процесса улучшить посещаемость студентами занятий в поточных аудиториях вместимостью до ста человек.

Список использованных источников

1. Интеллектуальные информационные системы и технологии : учебное пособие / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, В.В. Алексеев и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 244 с.
2. Макаренко С. И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: СФ МГТУ им. М. А. Шолохова, 2009. – 206 с.: ил.
3. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 218 с.
4. Материалы электронного диска LDL/Распознавание образов. РФ, 2005 г.
5. Материалы VII Международной школы «Современные информационные и коммуникационные технологий по отраслям применений».
6. Encyclopedia of computer science and technology / Harry Henderson. – Rev. ed. – 593 p.
7. Encyclopedia of information communication technology / Antonio Cartelli and Marco Palma, Editors. 883p.
8. English++. English for Computer Science Students. Complementary Course Book open book. Jagiellonian Language Center. Jagiellonian University. Cracow, 2008.
9. Джексон П. Введение в экспертные системы. М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 622с.
10. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход. / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
11. Люгер, Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Люгер. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 864 с.

Материал поступил в редакцию: 11.12.2018

Материал принят к публикации: 30.03.2019

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEM IN EDUCATION

Ersultanova Z.S., Aytbenova A.A., Dauletbaeva G.B.

Annotation. In this article, the authors give definitions to such concepts as information and intellectual systems. The formulation of the task “Automation of the educational process” and the choice of methods for solving this problem are considered as well as the relevance of applying IIS in higher education, in particular the use of an electronic sensor device with video observation and pattern recognition, followed by collecting data about students present in classrooms during classes, which is automation of the teacher’s workplace and the educational process as a whole. The article also

sets out complexes of robotic devices, the use of which will allow the preparation of the hardware and technical part of the task.

Keywords: Intellectual systems, neural networks, artificial life, automatization processes, sensor, face recognition, robotic systems, microcontroller, intellectual functions.

References

1. Gromov Yu.Yu., Ivanova O.G., Alekseev V.V. i dr. *Intellektualnye informatsionnye sistemy i tekhnologii*. Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», Tambov, 2013.
2. Makarenko S. I. *Intellektualnye informatsionnye sistemy*. SF MGGU im. M. A. Sholokhova, Stavropol, 2009.
3. Potapov A.S. *Tekhnologii iskusstvennogo intellekta*. SPbGU ITMO, SPb. 2010.
4. Materialy elektronnoy diski LDL/Raspoznavanie obrazov. RF, 2005 g.
5. *Sovremennye informatsionnye i kommunikatsionnye tekhnologii po otraslyam primeneniya*.
6. Henderson H. *Encyclopedia of computer science and technology*. Rev.
7. *Encyclopedia of information communication technology* / Antonio Cartelli and Marco Palma, Editors. 883p.
8. *English++*. *English for Computer Science Students*. Complementary Course Book open book. Jagiellonian Language Center, Jagiellonian University, Cracow, 2008.
9. Piter Dzhekson. *Vvedenie v ekspertnye sistemy*. Izd. dom "Vilyams", Moscow, 2001.
10. Rassel S., Norvig P. *Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod*. Izd. dom "Vilyams", Moscow, 2006.
11. Lyuger Dzh. *Iskusstvennyy intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem*. Izd. dom "Vilyams", Moscow, 2003.

ОБ АВТОРАХ:

Ерсултанова Зауреш Сапаргалиевна – доцент Костанайского государственного педагогического университета, г. Костанай, Казахстан. E-mail: Ersul_67@mail.ru

Айтбенова Аян Алтаевна – старший преподаватель Костанайский государственный педагогический университет, г. Костанай, Казахстан. E-mail: aitbenova_ayana@mail.ru

Даулетбаева Гульсум Байсултановна – старший преподаватель Костанайский государственный педагогический университет, г. Костанай, Казахстан. E-mail dgb_76@mail.ru

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Ерсултанова, З.С. Интеллектуальная информационная система в образовании / З.С. Ерсултанова, А.А. Айтбенова, Г.Б. Даулетбаева // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т.7. – № 1. – С. 30-35.

Ersultanova Z.S., Aytbenova A.A., Dauletbaeva G.B. (2019) Intellectual information system in education. Software of systems in the industrial and social fields, 7 (1): 30-35.

ТЕСТИРОВАНИЕ – МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ*Бримжанова С.С., Атанов С.К., Гагарина Л.Г.*

Аннотация. Технология компьютерного тестирования обеспечивает независимую оценку качества образования. Характеристиками теста являются валидность и надежность. Для объективности оценивания знаний обучающихся необходимо проводить экспертизу тестовых заданий. При экспертизе теста необходимо учитывать: краткость; логичность; правильность формы и содержания; репрезентативность; соответствие целям тестирования; единообразие записи всех заданий одного теста; разнообразие форм; разнообразие структуры.

Ключевые слова: тестирование, интеллектуальные системы, формы тестирования, Единое национальное тестирование, суицид, база знаний, Казахстан, проект

Введение

В настоящее время среди множества важнейших проблем социально-экономического развития страны одной из наиболее острых представляется проблема подготовки высококвалифицированных специалистов в различных областях деятельности. Проблема выбора наиболее подходящей специальности с учетом всех желаний и потребностей стоит перед каждым поступающим в учебное заведение. Студенты, выбравшие специальность, не соответствующую характеру, интересам, возможностям не могут полностью реализовать себя в профессиональной деятельности. В дальнейшем это ведет для них к потере времени, наиболее подходящего для обучения, потере финансовых ресурсов на обучение и, в конечном счете, к необходимости изменения профессии. Тестирование является одной из наиболее технологичных форм проведения автоматизированного контроля с управляемыми параметрами качества. В этом смысле ни одна из известных форм контроля знаний с тестированием сравниться не может.

В науку слово «тест» попало из английского языка, что означает «испытание, проба, проверка». По словарю, тест – это стандартизированное, часто ограниченное во времени испытание, предназначенное для установления количественных и качественных индивидуально-психологических различий. Этот термин был введен Р. Кэттеллом, а первый тест создал выдающийся английский учёный Френсис Гальтон, родственник Дарвина. Фрейд и Юнг впоследствии очень многое позаимствовали из методики Гальтона [1]. Затрагивая вопросы методики использования тестов для контроля знаний студентов необходимо вспомнить об основных функциях проверки и оценки результатов обучения. Выделим среди них наиболее важные:

- учетно-контрольную, то есть информационную, которая систематически позволяет фиксировать результаты обучения и судить об успеваемости каждого студента, его достижениях и недочётах в учебной работе;
- контрольно-корректирующую, то есть диагностическую, которая обеспечивает связь «преподаватель – студент», для внесения коррективов в методику обучения, перераспределения учебного времени между различными вопросами темы и т.д., позволяет осуществлять диагностику причин отставания обучающегося;
- обучающая функция, которая в результате помогает повторить материал, акцентировать внимание на главных вопросах и важнейших мировоззренческих идеях курса, показывает на типичные ошибки, что способствует закреплению и углублению знаний;
- воспитательную, а именно мотивационную, которая стимулирует студентов к дальнейшей учебной работе, углублению своих знаний, развивает умение самоконтроля и самооценки;
- аттестационную функцию, которая связана с характеристикой уровня знания обучающегося, является основной его аттестации, а также важнейшим компонентом аттестации работы преподавателя образовательного учреждения.

Положительные стороны тестированию:

- 1) тесты оказываются значительно более качественным и объективным способом оценивания, так как стандартизирована процедура их проведения;
- 2) тесты – более ёмкий инструмент – показатели тестов ориентированы на измерения степени, определения уровня усвоения ключевых понятий;

3) тесты – это более мягкий инструмент. Тестирование ставит всех студентов в равные условия, используя единую процедуру и единые критерии оценки, что приводит к снижению предэкзаменационных нервных напряжений.

4) с точки зрения интервала оценивания тест – широкий инструмент. Если провести аналогию с прыжками в высоту, то традиционная контрольная работа представит собой палочку, на которой нанесены метки: 2,3,4,5. В случае выполнения учащимся всех заданий он получает отметку отлично. При этом совершенно не ясно, перепрыгнул он нашу палочку с запасом в два раза или пролетел прямо над ней. То же можно сказать и про нижнюю отметку.

5) гуманизм тестирования, который заключается в том, что всем предоставляются равные возможности, широта теста даёт возможность студенту показать свои достижения на широком поле материала.

Цели и задачи тестирования

Очевидно, что первоочередной задачей при проведении проверки полученных знаний должно быть определение целей контроля. Так в ВУЗах в большей степени необходимо проверять у обучающихся глубину знаний учебных дисциплин, умение будущих специалистов логически мыслить, сопоставлять различные предметы и явления, делать правильные выводы и принимать оптимальные решения. Значит набор (база данных) контрольных заданий должен максимально полно охватывать учебную дисциплину, а тематическое их разделение – позволять осуществлять в процессе изучения предмета этапный контроль, выявлять индивидуальные пробелы знаний обучаемых, корректировать учебные программы и т.п.

Важное место при формировании базы заданий занимает их формулировка. Как и любое предложение, задания подразделяются на явные и неявные, вопросительные и утвердительные, суждения, мнения и другие вопросы. Использование подобных заданий способствует повышению у учащихся умения логически мыслить, а также уровня их общей культуры. Другим важным моментом является определение правильности ответа обучаемого на предложенные вопросы. Существуют различные варианты ответов, закладываемые в программу.

Предпочтительно, чтобы студент «отвечал» компьютеру как бы в устной форме, как преподавателю, данная форма называется открытой. Для этого необходимо создание новых интеллектуальных систем на основе специально разработанных баз знаний. Создание баз знаний – это достаточно интересная и сложная проблема имеет основной недостаток, изначально присутствующий в ней – субъективность системы, базирующейся на оценках событий и явлений отдельными, хотя и порой весьма авторитетными, специалистами. Пожалуй, наиболее правильно будет в настоящее время осваивать компьютерные системы контроля на основе баз данных. В этом случае обычно прибегают к различным готовым формам ответов – шаблонам.

На сегодняшний день по форме тестированию распространение получила такая форма ответов, когда обучающемуся предлагается заранее сформированный набор ответов для выбора одного или нескольких, являющихся, по его мнению, правильными такая форма называется формой закрытых ответов. Программа автоматически оценивает правильность сделанного выбора. В другом случае, контролируемый вводит с клавиатуры некоторые формулировки или отдельные слова, являющиеся ответом на поставленный вопрос, данная форма называется формой полукрытых ответов. На экране электронно-вычислительных машин нет этих вариантов ответов, но программа содержит максимально возможный, по мнению ее авторов, набор ответов. Считается, что в большинстве случаев в программе имеются необходимые модификации, и она сможет, осуществив сравнение, дать свое заключение о правильности ответа. Имеются и другие варианты. Каждый способ формирования ответа обучающимся имеет свои достоинства и недостатки. Здесь следует придерживаться поставленной цели и выбирать наиболее подходящий для ее реализации.

В этой связи можно предложить использовать единый набор вариантов ответов для всех контрольных заданий по теме. Формулировки должны носить общий характер и способствовать выявлению умения контролируемого логически мыслить, что более важно и ценно,

чем запоминание отдельных фактографических данных. При достаточном искусстве эксперта со сформулированными таким образом вариантами ответов возможно определение знания и отдельных фактов, событий.

Организация тестирования в Казахстане

В настоящее время существует большое количество тестов.

Единое национальное тестирование (ЕНТ) – форма итоговой аттестации выпускников школ Казахстана, совмещенная со вступительными экзаменами в организации образования, дающими средне-специальное или высшее образование. В 2018 году так же, как и в прошлом году, сдали только те школьники, кто решил продолжать образование в ВУЗах Казахстана. Если выпускник школы решил не поступать в казахстанский институт или университет или хочет учиться за границей и поступать в какой-то университет за рубежом, то на ЕНТ он может не ходить. Механизм сдачи ЕНТ остался прежним, с 2017 года изменился только формат ЕНТ, сейчас ЕНТ состоит из 2 блоков – обязательного и профильного, это зависит от выбранной специальности и профиля ВУЗа.

ЕНТ 2018 «охватывает» 5 предметов: 3 обязательных и 2 на выбор (профильные предметы). По каждому обязательному предмету по 20 заданий:

- история Казахстана;
- математическая грамотность;
- грамотность чтения (предполагает проверку умений сопоставлять, обобщать, сравнивать).

С профильными предметами в МОК РК решили поступить следующим образом. Все 175 специальностей разделили на 10 пар предметов:

- математика и физика;
- математика и география;
- история и география;
- биология и химия;
- биология и география;
- иностранный язык и история;
- язык обучения и литература и история;
- география и иностранный язык;
- химия и физика;
- история и человек, общество, право.

Отдельно идет творческий экзамен, который является профилирующим на некоторых специальностях (например, журналистика).

ЕНТ по профильным предметам предполагает 2 блока по 30 заданий. 20 из них – это тесты с выбором 1 ответа из 5, еще 10 заданий – это тоже тесты, но выбирать нужно будет несколько правильных ответов из тех, что будут предложены. Всего будет 120 заданий. На выполнение всех тестов будет отведено 3,5 часа. Максимальный балл, который можно будет получить, выполнив все правильно, – 140 (за задания с несколькими вариантами ответа дается по 2 балла). Проходной балл на ЕНТ – 50 баллов.

В 2017 году ЕНТ сдавало 92 827 абитуриентов, это 71% от общего количества выпускников школ. Из них 69 209 с казахским языком обучения и 23 618 – с русским. У тех, кто не согласен с результатами ЕНТ, есть возможность подать апелляцию до 13:00 следующего дня. Кроме того, выпускники, не преодолевшие пороговый уровень, смогут сдать тесты повторно. Абитуриенту, который не набрал проходной балл, можно будет пересдать ЕНТ в августе этого года или в январе следующего года. В этом случае тестирование будет платным [2].

Преимущество ЕНТ заключается в том, что результаты тестирования оглашаются в день сдачи экзаменов. В России результаты оглашаются через 20 дней. Если бы в Казахстане давали результаты проведенного тестирования через 20 дней, сами можете догадаться, какое бы недоверие было со стороны и государства, и общественности. К тому же, если бы проверяли письменные работы в течение 20 дней, то субъективного вмешательства в этот процесс было бы больше. И таким образом создавалась бы повторную питательную почву для взяточничества и коррупции. А наша технология позволяет искоренить подобные элементы на

99 %. Но все же, поскольку большое количество людей участвует в этом процессе, никогда не исключаются присутствие каких-то негативных факторов. Степень защиты у тестов достаточно высока. Каждый лист кодируется, и поменять ответы нереально. Если все-таки поменять один лист на другой, сканер просто не будет его считывать.

Начали проводиться специальные тесты, подготовленные совместно с *отделом суицидологии Республиканского центра психиатрии, психотерапии и наркологии*. Причиной проведения тестирования является увеличение количества суицидов среди детей в возрасте от 10 до 18 лет. По нормативам Международной организации здравоохранения, критическим порогом суицидов считаются 20 человек на 100 тысяч населения. В Казахстане число самоубийств выросло до 52-53 случаев на 100 тысяч населения – незавидное третье место в мире.

С начала 2018 года произошло наибольшее количество резонансных суицидов среди подростков. Проблему на правительственном уровне обсуждают мажилисмены. В связи с этим *Tengrinews.kz* изучил статистику суицидов в Казахстане. Значительное количество суицидов в Казахстане в 2017 году пришлось на апрель, май и июнь. Об этом свидетельствуют данные Комитета по правовой статистике и специальным учетам Генеральной прокуратуры РК.

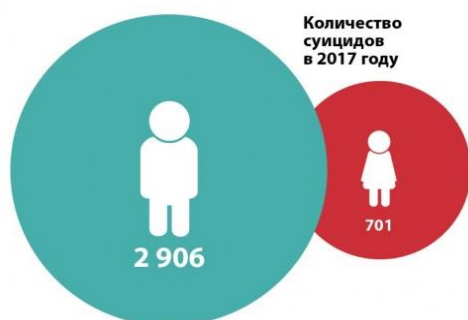


Рис. Количество суицидов в 2017 году

В 2017 году казахстанцы совершили 3 644 суицида. В этом числе 2 906 случаев приходятся на «сильный пол». Помимо этого, в республике зарегистрировали 3 538 попыток суицида – примерно равное количество совершено мужчинами и женщинами. Чаще всего суициды совершали мужчины в возрасте 35-44 лет – 723 случая, а также женщины того же возраста – 123 случая.

В 2017 году казахстанцы совершили 3 644 суицида. В этом числе 2 906 случаев приходятся на «сильный пол». Помимо этого, в республике зарегистрировали 3 538 попыток суицида – примерно равное количество совершено мужчинами и женщинами. Чаще всего суициды совершали мужчины в возрасте 35-44 лет – 723 случая, а также женщины того же возраста – 123 случая.

Как подчеркивал в своем депутатском запросе мажилисмен Артур Платонов, среди казахстанских школьников до 15 лет наблюдаются пять случаев суицида на 100 тысяч детей. Среди подростков от 15 до 17 лет показатель почти втрое выше. По информации КПСиСУ, в группе подростков 15-17 лет в 2017 году произошло 98 суицидов. Наибольшее количество пришлось на июнь (13 у мужчин и пять у женщин), июль (восемь у мужчин и четыре у женщин) и октябрь (по пять у мужчин и женщин). Значительное внимание в Казахстане уделяется выявлению причин суицидов. Во многом упор делается на исследование социальных сетей. Официальные ведомства блокируют суицидальные и призывающие к конфликтам группы в Интернете. Недавно сообщалось, что в суицидальных группах в соцсетях состояли около 600 школьников из Алматы. В результате проведенной в школах работы удалось идентифицировать 26 детей. "Естественно, родители говорят, что дети туда зашли случайно. Но с помощью психологов с этими детьми была проведена дополнительная работа", – сообщил директор городского центра новых технологий в образовании управления образования Алматы Андрей Дупик. Согласно официальной информации, почти в половине случаев – 1 637 – факторы, предшествовавшие суицидальному поведению, неизвестны. Главные известные факторы, по мере снижения количества известных причин: одиночество (с чувством отверженности) – 226 случаев, тяжелое материальное положение (банкротство, долги) – 136, конфликтные отношения с родственниками – 123, тяжелые соматические (телесные) заболевания – 112, конфликтные отношения с супругом – 98, неблагоприятные жилищные условия, разрыв семейных отношений (развод), утрата (смерть) близкого человека, конфликтные отношения с родителями, страх наказания, позора (уголовная ответственность), конфликтные отношения по месту учебы (работы), утрата социального статуса (престижа), нежелательная беременность. По официальным данным, большинство суицидов – 2 791 – совершено в трезвом состоянии. 761 – в состоянии алкогольного опьянения, три и два – в состоянии наркотического и токсикоманического опьянения. В подавляющем большинстве случаев казахстанцы расстаются с жизнью путем повешения (3 073). Гораздо реже суициды происходят путем падения с высоты (140), отравления (104) и применения режущих предметов (96).

Около половины суицидов происходит в помещении (1 747). На улице – 283 инцидента. В районе 20 случаев происходило в подвале, по месту работы, в лечебном учреждении[3].

По мнению директора Восточно-Казахстанского центра здорового образа жизни Бахыт Абдрашевой, рост случаев подростковых самоубийств порожден развалом системы клубов и спортивных центров, повлекшим неустроенность детей. Целью проведения тестирования на суицид является предотвращение трагичных последствий, попытка перелома возникшей ситуации. Между тем, пишет «Время», заведующая Центром суицидологии и эпидемиологии РНПЦ Наталья Распопова подтвердила: в первом квартале 2011 года центр презентовал методические рекомендации для дальнейшего их использования школьными психологами[4].

В 2011 году в Казахстане был представлен проект по предупреждению и профилактике суицидов, внедренный Республиканским научно-практическим центром психиатрии, психотерапии и наркологии Минздрава. Программа содержит в себе три этапа: информационный, обучающий и превентивное выявление групп риска. «Апробация данной системы в 2015 году в Кызылординской области показала положительные результаты, с 2016 по 2017 год проект должен был поэтапно стартовать во всех регионах», – отметил депутат Артур Платонов. Он заявил о скорейшей необходимости решения проблемы суицидов на государственном уровне [3].

Заключение

Актуальность тестирования для образования на сегодняшний день очевидна. Тесты широко применимы на всех ступенях всех форм образования, а единый экзамен и открытое образование без них представить невозможно. Поэтому важно, чтобы процесс тестирования имел грамотно спроектированную и реализованную информационную систему поддержки. В настоящее время развитие науки и техники достигло высокого уровня, когда становится уже реальным искусственный интеллект, то есть имитация возможностей и способностей человека, а решение указанных основных задач с помощью программных и аппаратных средств. Интеллектуальные системы способны синтезировать цель, принимать решение к действию, обеспечивать действие для достижения цели, прогнозировать значения параметров результата действия, образуя обратную связь, корректируя цель или управление.

Список используемых источников

1. Интернет:http://econom.nsc.ru/eco/arhiv/ReadStatiy/2002_08/Nikolaeva.html
2. Интернет:<https://www.zakon.kz/4864958-v-kazakhstane-startovalo-ent-v-novom.html>
3. Интернет:https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/3-mesyatsa-s-naibolshim-kolichestvom-suicidov-v-kazakhstane-339752/
4. Интернет:<https://www.caravan.kz/news/testirovanie-shkolnikov-na-sklonnost-k-suicidam-mozhet-nachatsya-v-marte-290851/>

Материал поступил в редакцию: 11.02.2019

Материал принят к публикации: 30.03.2019

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

TESTING – METHOD FOR QUALITY CONTROL OF KNOWLEDGE STUDENTS

Brimzhanova S.S., Atanov S.K., Gagarina L.G.

Abstract. Computer testing technology provides an independent assessment of the quality of education. The characteristics of the test are validity and reliability. For the objectivity of the assessment of students' knowledge, it is necessary to conduct an examination of test items. In the examination of the test must be considered: brevity; consistency; correct form and content; representativeness; compliance with the goals of testing; uniformity of the record of all tasks of one test; variety of forms; variety of structure.

Keywords: Testing, intelligent systems, forms of testing, Unified national testing, suicide, knowledge base, Kazakhstan, project.

References

1. Internet:http://econom.nsc.ru/eco/arhiv/ReadStatiy/2002_08/Nikolaeva.html
2. Internet:<https://www.zakon.kz/4864958-v-kazakhstane-startovalo-ent-v-novom.html>
3. Internet:https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/3-mesyatsa-s-naibolshim-kolichestvom-suicidov-v-kazakhstane-339752/
4. Internet:<https://www.caravan.kz/news/testirovanie-shkolnikov-na-sklonnost-k-suicidam-mozhet-nachatsya-v-marte-290851/>

ОБ АВТОРАХ:

Бримжанова С.С. – докторант Костонайский государственный университет им. А. Байтурсынова, Казахстан.
E-mail: Kameshova_88@mail.ru

Атанов С.К. – научный руководитель, д.т.н., профессор Костонайский государственный университет им. А. Байтурсынова им. А. Байтурсынова, Казахстан

Гагарина Л.Г. – д.т.н., зарубежный научный консультант, профессор национального исследовательского университета «МИЭТ», Россия

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Бримжанова, С.С. Тестирование – метод контроля качества знаний обучающихся / С.С. Бримжанова, С.К. Атанов, Л.Г. Гагарина // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т.7. – № 1. – С. 36-41.

Brimzhanova S.S., Atanov S.K., Gagarina L.G. (2019) Testing - method for quality control of knowledge students. Software of systems in the industrial and social fields, 7 (1): 36-41.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 004.932.72

СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПОТОКЕ

Егорова Л.Г., Гарбар Е.А., Николаев А.А.

Технологический процесс прокатки холоднокатаного листа с последующим оцинкованием предполагает контроль качества продукции на выходе из агрегатов. Для контроля качества одним из способов выявления дефектов является визуальный контроль. В ПАО ММК ЛПЦ-11 используется автоматизированная система распознавания дефектов поверхности прокатываемой полосы. Существующая технология имеет существенный недостаток: некоторые объекты на полосе распознаются как дефекты, при этом дефектами не являются, например, маркировка полосы.

Для выявления дефектов используются системы с использованием предварительного обучения (нейронная сеть) и системы с заранее разработанным алгоритмом классификации [1-4]. Для улучшения результатов распознавания дефектов перед тем, как применить основной алгоритм классификации или обученную систему, изображение предварительно обрабатывается и приводится к стандартному виду [4].

Одним из вариантов повышения помехоустойчивости при выявлении дефектов является система распознавания изображений символов на основе обучающей выборки [5]. Автоматизированная система содержит модуль позиционирования изображения символов, модуль приема кодового описания изображений символов, модуль дешифрации кодового описания изображений символов, модуль синхронизации процесса распознавания изображений символов, модули селекции адресов эталонных изображений символов, модуль хранения адресов записей эталонных изображений символов, регистр адреса и модуль хранения эталонных изображений символов.

В работе [6] представлено исследование структуры управления многостадийным производством холоднокатанного листа, определены кортежи взаимосвязанных технологических параметров со структурой изображения поверхности проката, выполнена селекция текстурных признаков изображения. Авторы предложили схему взаимодействия модулей системы классификации признаков структуры изображения с использованием методов системного анализа, классификации изображения и текстурных признаков Харалика.

Анализ опыта использования и обработки графической информации показал наличие методов, методик и способов обработки информации, которые могут быть использованы для разработки специального математического обеспечения при построении системы оценки качества полосы с применением современных машинных методов и алгоритмов обработки, и анализа информации [7].

Список используемых источников

1. Посохов, И.А. Прогнозирование времени обработки изображений детерминированными методами / О.С. Логунова, И.И. Мацко, И.А. Посохов // Программные продукты и системы. – 2013. – № 1. – С. 52 – 58.
2. Posochov, I.A. Integrated system structure of intelligent management support of multistage metallurgical processes / O.S. Logunova, I.I. Matsko, I.A. Posochov // Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. – 2013. – № 5. – P. 50 – 55.
3. Posochov, I.A. Automatic system for intelligent support of continuous cast billet production control processes / O.S. Logunova, I.I. Matsko, I.A. Posohov, S.I. Luk'ynov // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2014. – V. 74(9). – P. 1407 – 1418.
4. Локтев, А.А. Алгоритм размещения видеокамер и его программная реализация / А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев // Вестник МГСУ. – 2012. – № 5. – С. 167-175
5. Арлазаров В.Л., Булатов К.Б., Ильин Д.А., Николаев Д.П., Чернов Т.С., Шешкус А.В. Система распознавания изображений символов на основе обучающей выборки // Патент России № 161580, 2015. Бюл. № 12 от 27.04.2016.
6. Миков, А.Ю. Математическое обеспечение и структура системы интеллектуальной поддержки системы управления оценкой качества поверхности холоднокатанного проката / А.Ю. Миков, О.С. Логунова, А.В. Маркевич // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – № 1 (30). – С. 45-51.

7. Санников, А.С. Программное обеспечение для автоматизации и распределения задачи формирования обучающей выборки для нейросети из видеозаписей / А.С. Санников, Р.С. Нахушев, Р.М. Глашев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2018. – Т. 14. – № 4. – С. 48-53.

ОБ АВТОРАХ:

Гарбар Евгений Александрович – технический директор ООО ЦИТ «ФАКТ», E-mail: evgenyjam@yandex.ru.

Егорова Людмила Геннадьевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Николаев Антон Андреевич – студент, доцент кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Егорова, Л.Г. Системы распознавания изображений в потоке / Л.Г. Егорова, Е.А. Гарбар // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2019. – Т.7. – № 1. – С. 42-43.
