ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№11, 2012

Электронная версия
http://www.rae.ru/snt
12 выпусков в год
Импакт фактор РИНЦ (2011)= 0,170

Журнал основан в 2003 г.
ISSN 1812–7320

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР *М.Ю. Ледванов*
ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА *Н.Ю. Стукова*
Ответственный секретарь *М.Н. Бизенкова*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., профессор	Антонов Александр Владимирович	Обнинск
д.т.н., профессор	Беляев Владимир Львович	Санкт-Петербург
д.ф.-м.н., профессор	Бичурин Мирза Имамович	Великий Новгород
д.т.н., профессор	Гилёв Анатолий Владимирович	Красноярск
д.т.н., профессор	Грызлов Владимир Сергеевич	Череповец
д.т.н., профессор	Захарченко Владимир Дмитриевич	Волгоград
д.т.н., профессор	Корячкина Светлана Яковлевна	Орел
д.т.н., профессор	Крупенин Виталий Львович	Москва
д.т.н., профессор	Литвинова Елена Викторовна	Орел
д.т.н., профессор	Нестеров Валерий Леонидович	Екатеринбург
д.т.н., профессор	Пен Роберт Зусьевич	Красноярск
д.т.н., профессор	Петров Михаил Николаевич	Красноярск
д.т.н., профессор	Попов Федор Алексеевич	Бийск
д.т.н., профессор	Пындак Виктор Иванович	Волгоград
д.т.н., профессор	Салихов Мухаммет Габдулхаевич	Йошкар-Ола
д.т.н., профессор	Важенин Александр Николаевич	Нижний Новгород
д.т.н., профессор	Арютов Борис Александрович	Нижний Новгород
д.т.н., профессор	Гоц Александр Николаевич	Владимир
к.ф.-м.н.	Капитонова Тамара Афанасьевна	Якутск

ИД «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» 2012

В журнале представлены материалы
Международных научных конференций

- «Технические науки и современное производство», *Франция (Париж), 14-21 октября 2012 г.*
- «Компьютерное моделирование в науке и технике», *ОАЭ (Дубай), 16-23 октября 2012 г.*
- «Современные материалы и технические решения», *Великобритания (Лондон), 20-27 октября 2012 г.*
- «Современные наукоемкие технологии», *Испания (Тенерифе), 20-27 ноября 2012 г.*

Учредитель – **Академия Естествознания**
123557, Москва,
ул. Пресненский вал, 28
Свидетельство о регистрации **ПИ № 77-15597**
ISSN 1812–7320

АДРЕС РЕДАКЦИИ
440026, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3
Тел. редакции (8412) 56–17–69
Факс (8412) 56–17–69
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 06.12.2012

Формат 60x90 1/8
Типография
ИД «Академия Естествознания»
440000, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3

Технический редактор
Кулакова Г.А.

Усл. печ. л. 10,5
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2012/11
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Геолого-минералогические науки

ХРОМИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ АЛТАЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ
Гусев А.И. 7

Технические науки

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРАНОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КУЛЬТИВАТОРА
Анутов Р.М., Котельников В.Я., Козявин А.А., Котельников А.В., Тищенко Д.Е., Серебровский В.В. 12

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ УГЛОВ ВХОДА РОТАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРА В ПОЧВУ
Анутов Р.М., Котельников В.Я., Козявин А.А., Котельников А.В., Тищенко Д.Е. 15

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УГЛОМ УСТАНОВКИ ПАЛЬЦА СЕПАРАТОРА И ПЕРЕДАТОЧНЫМ ЧИСЛОМ ТОРМОЗА СКОРОСТНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО КУЛЬТИВАТОРА
Анутов Р.М., Котельников В.Я., Козявин А.А., Котельников А.В., Тищенко Д.Е. 18

ИТЕРАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ КВАЗИФРАКТАЛЬНЫХ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРОВ ТИПА ДЕРЕВО И СНЕЖИНКА НА 2D-СЕТКАХ
Иванов В.В., Таланов В.М. 22

МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАЗИФРАКТАЛЬНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ МЕТОДОМ ИТЕРАЦИИ МЕАНДРОВ НА 2D-СЕТКАХ
Иванов В.В., Таланов В.М. 24

ТЕОРЕМА О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ГАЗА В ЗАМКНУТОЙ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕТРИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ И РЕВЕРСИВНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ
Снежин А.Н., Петров С.В. 26

ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И СКАНИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ
Челпанов И.Б., Балабан О.М., Аржанухина С.П., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. 37

Физико-математические науки

ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЖИДКОСТИ
Герасимов С.А. 42

Химические науки

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
Готовцев В.М., Шатунов А.Г., Румянцев А.Н., Сухов В.Д. 45

КРИСТАЛЛОХИМИЯ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ $Pb_{1-X}Ca_XTiO_3$
Расторопов С.Б., Панич А.Е., Бородин В.З., Снежков В.И. 50

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНЫХ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ

«Технические науки и современное производство», Франция (Париж), 14-21 октября 2012 г.

Технические науки

КОМПОЗИЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВ
Стородубцева Т.Н., Томилин А.И. 53

ВЫСОКОМОМЕНТНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ МОТОР-КОЛЕСА
Чильдинов П.А. 54

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК ТИПА ШАР В СУХИХ ФОРМАХ
Юрин Ю.М. 55

«Компьютерное моделирование в науке и технике», ОАЭ (Дубай), 16-23 октября 2012 г.

Технические науки

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И ЛАТЕНТНОГО АНАЛИЗА В ДИАГНОСТИКИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ
Гольтяпин В.В., Лобачев А.И. 59

«Современные материалы и технические решения», Великобритания (Лондон), 20-27 октября 2012 г.

Технические науки

СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Абдимуталип Н.А., Саинова Г.А., Тойчибекова Г.Б. 63

УМЯГЧЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА
Косинцев В.И., Маланова Н.В., Сечин А.И. 66

«Современные наукоемкие технологии», Испания (Тенерифе), 20-27 ноября 2012 г.

Медико-биологические науки

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ СЕРДЦА У КРЫС ЛИНИИ ДОУЛЕЙ-СПРЕГ
Павлович Е.Р., Просвирнин А.В. 67

Технические науки

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ
Васильевых С.Л., Саитов В.Е. 67

Физико-математические науки

НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ОКСИДНЫЕ ВОЛЬФРАМОВЫЕ БРОНЗЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ РАСПЛАВОВ, В КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБЕССЕРИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ
Вакарин С.В., Семерикова О.Л., Меляева А.А., Зайков Ю.П., Петров Л.А., Шишмаков А.Б., Чупахин О.Н. 68

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Технические науки

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИФФУЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БОРА
Гурьев А.М., Иванова С.А., Гармаева И.А. 70

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Технические науки

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МИКРОГИДРОЭНЕРГЕТИКИ
Лысенко В.С., Пралиев С.Ж., Кулжабаев Б.Д. 71

ИННОВАЦИОННАЯ АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ
Лысенко В.С., Пралиев С.Ж., Кулжабаев Б.Д. *71*

Химические науки

ОЧИСТКА ШАХТНЫХ ВОД ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ
Бардамова И.В. *72*

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ 1,2-О-ЦИАНЭТИЛИДЕНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОВ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МЕХАНИКИ
Литвак М.М. *73*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ *74*
ИНФОРМАЦИЯ ОБ АКАДЕМИИ *83*

CONTENTS

Geologo-mineralogical sciences

CHROMITE ORE MINERALIZATION OF ALTAI: PERSPECTIVE AND EXTENTION RESOURCES
Gusev A.I. 7

Techical sciences

THE INFLUENCE OF WORKING TOOLS' WEAR ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SOIL CULTIVATION
Anutov R.M., Kotelnikov V.Y., Kozyavin A.A., Kotelnikov A.V., Tishchenko D.E., Serebrovskii V.V. 12

MECHANICAL-TECHNOLOGICAL MODELING AND STUDY OF ROTATIONAL ANGLES OF ENTRY OF WORKERS INTO THE SOIL CULTIVATOR
Anutov R.M., Kotelnikov V.Y., Kozyavin A.A., Kotelnikov, A.V., Tishchenko D.E. 15

RATIONAL RELATIONSHIP BETWEEN THE ANGLE OF THE FINGER AND SETTING A RATIO OF SPEED BRAKE UNIVERSAL CULTIVATOR
Anutov R.M., Kotelnikov V.Y., Kozyavin A.A., Kotelnikov A.V., Tishchenko D.E. 18

ITERATION MODELING OF CONFIGURATIONS OF THE QUAZI-FRACTAL INTERPHASE BORDERS BY GENERATORS OF BOUTH TYPE TREE AND SNOW-FLAKE ON 2D NETS
Ivanov V.V., Talanov V.M. 22

MODELING OF QUASI-FRACTAL CONFIGURATIONS OF THE INTERPHASE BORDERS BY ITERATION METHOD OF MEANDERS ON 2D NETS
Ivanov V.V., Talanov V.M. 24

THE THEOREM ON MANAGING OF GAS FLOWS IN CLOSED THE GAS-TRANSPORT SYSTEM WITH ADDITIONAL METRIC CONDITIONS AND REVERSIBLE PIPELINES
Snezhin A.N., Petrov S.V. 26

PROBLEMS, METHODS AND MEANS 3D-MODELLING AND SCANNINGS IN THE ROAD ECONOMY
Chelpanov I.B., Balaban O.M., Arganuhina S.P., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Jankovskij L.V. 37

Physical and mathematical sciences

INTERNAL PHOTOELECTRIC EFFECT IN A LIQUID
Gerasimov S.A. 42

Chemical sciences

THE MECHANISM OF INTERPHASE TENSION FORMING
Gotovcev V.M., Shatunov A.G., Rumyantsev A.N., Sukhov V.D. 45

CRYSTALCHEMISTRYENDPIEZOELECTRICPROPERTIESOFCERAMIC $Pb_{1-X}Ca_XTiO_3$
Rastoropov S.B., Panich A.E., Borodin V.Z., Snezhkov V.I. 50

УДК 551

ХРОМИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ АЛТАЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ

Гусев А.И.

Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск, e- mail: anzerg@mail.ru

Хромитовое оруденение на Алтае распространено в пределах Салаирской части и в Горном Алтае Алтайского края, а также в Республике Алтай на юго-востоке и в Горно-Шорской части. Оруденение хрома связано с базит-гипербазитовыми образованиями офиолитовых поясов позднего рифея – раннего кембрия. Руды массивные, вкрапленные, линзовидные представляют собой подиформные залежи и относятся к формации хромитовой альпинотипных офиолитов. Минеральный состав руд включает хромдиопсид, хромпикотит. Хромшпинелиды ассоциируют с магнетитом, сульфидами и платиноидами. Содержания триоксида хрома высокие, не менее 48%. Нередко хромитовые залежи ассоциируют с платиноидами и сульфидными никель-кобальтовыми проявлениями с повышенными концентрациями золота и серебра. Оценены прогнозные ресурсы триоксида хрома по категории P_2, в сумме составляющие 15 млн. тонн. Месторождения могут отрабатываться открытым способом (карьером) для обеспечения металлургических заводов Алтая и Кузбасса.

Ключевые слова: хромитовые руды, хромдиопсид, хромпикотит, формация хромитовых альпинотипных офиолитов, прогнозные ресурсы

CHROMITE ORE MINERALIZATION OF ALTAI: PERSPECTIVE AND EXTENTION RESOURCES

Gusev A.I.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail. ru

Chromite ore mineralization on the Altai spread in the limit Salairskoi part in the Mountain Altai of Altaiskii region and so in the Republic Altai on the south-eastern in the Gorno-Shorskoi part. Ore mineralization of chromite connected with basit-ultrabasic formation of ophiolite babds of Late Riphean – Early Cambrian. Ores are massive, disseminated, lenticular and it presented podiform lodes and it carry to formation of chromite alpine ophiolites. Mineral composition of ores included chromdiopside, chrompicotite. Chromspinellides associated with magnetite, sulfides, platinoids. Contents of trioxide chromium are high, not less 48%. Chromite lodes associated with platinum metals and sulfides nickel-cobalt manifestations with higher concentrations of gold and silver. The extention resources of trioxide chromium evaluated on category P_2 that it composite 15 mln t. Deposits and big manifestations could be work by opened method (borrow pit) for maintenance metallurgies plants of Altai and Kuzbass.

Keywords: chromite ores, chromdiopside, chrompicotite, formation of chromite alpine ophiolites, extention resources

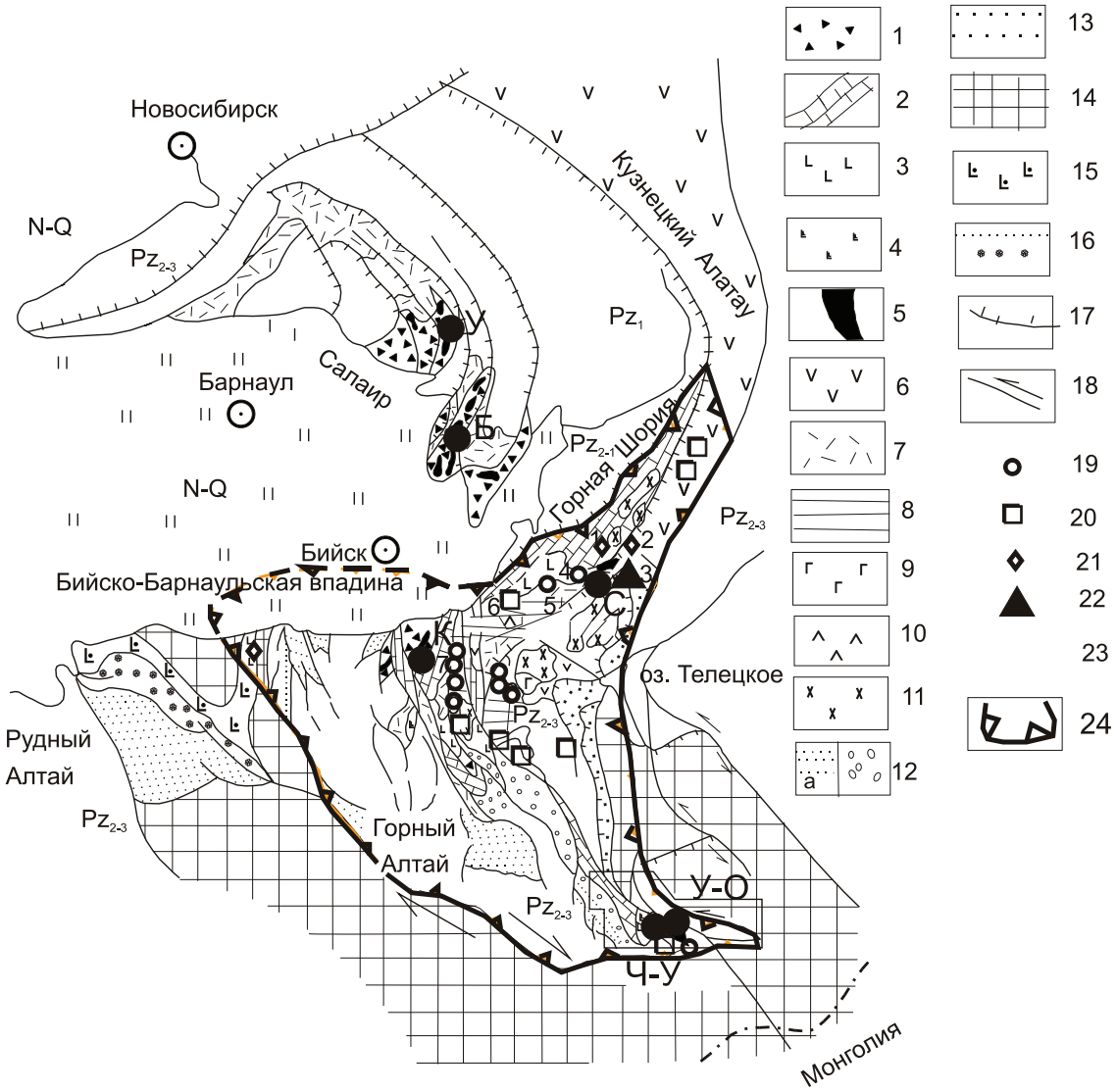
Из многочисленных проявлений хромитов региона наибольший интерес представляют проявления и месторождения в Успенском, Тогул-Сунгайском, Мартыново-Шалапском гипербазитовых массивах Салаирской части [2], а также в районах Кыркылинского и Устюбинского участков в пределах офиолитовой полосы в Горном Алтае Алтайского края. Проявления хромититов обнаружены также в районах Узун-Оюкского и Чаган-Узунского офиолитовых пластин на юге Горного Алтая Республики Алтай и на юге Горной Шории в районе Сеглебирского массива рисунок) [1].

Благоприятное географо-экономическое положение их, развитие руд металлургического типа, ожидающиеся значительные прогнозные ресурсы оксида хрома, позволяют считать, что освоение этих проявлений может в значительной мере ликвидировать дефицит хромитового сырья в Сибири. Эти и определяется актуальность и важность изучения хромитового оруденения в регионе.

Известно, что промышленный интерес представляют лишь маложелезистые разновидности хромшпинелидов – собственно хромит, алюмохромит, хромпикотит с широким изоморфизмом хрома и алюминия – от богатых хромом (65% Cr_2O_3, 8% Al_2O_3) до бедных хромом высокоглинозёмистых разностей (31% Cr_2O_3, 36% Al_2O_3).

Качество хромовых руд определяется главным образом составом хромшпинелида и его содержанием в руде. По густоте вкрапленности руды делятся на две естественные группы – богатые и бедные, граница между которыми отвечает примерно 50% содержанию хромшпинелида [4].

В связи со спецификой хромовых руд, в которых рудный минерал обладает переменным составом, руды с различным составом хромшпинелида используются в различных отраслях промышленности. Выделяются следующие промышленные типы хромовых руд: металлургический – высокохромистые руды, используемые также в других отраслях промышленности потребляющих хромиты; химический – среднехромистые руды повышенной глиноземистости и железистости, они могут быть использованы также в огнеупорной промышленности; огнеупорный – высокоглиноземистые низкохромистые руды, эти руды в других отраслях промышленности не используются.



Металлогеническая схема западной части Алтае-Саянской складчатой области на позднерифейско-кембрийский этап (составлена автором с учётом данных Владимирова А.Г.). Позднерифейско-раннекембрийский клин океанических и островодужных структурно-вещественных комплексов (R_3-Є):
1 – олистостромовые; 2 – вулканогенно-терригенно-карбонатные формации симаунтов; 3 – андезит-дацит-базальтоидные океанических островов (OIB); 4 – базальтоидные (E – N-MORB типов); 5 – габбро-перидотитовые; венд-кембрийские островные дуги: 6 – толеитовые и толеит-бонинитовые серии; 7 – известково-щелочные серии вулканитов; 8 – габбро-пироксенит-сиенитовые; 9 – терригенно-черносланцевые комлексы; 10 – комплексы преддуговых бассейнов:а – флишевые, б – олистостромовые; 11 – осадочные образования краевых морей; 12 – вулканогенно-терригенные образования; 13 – кремнисто-метабазальтовая формация; 14 – терригенные комплексы преддугового бассейна; тектонические элементы: 15 – надвиги, 16 – сдвиги, 17 – граница металлогенической области. Формационные типы месторождений и проявлений золота: 19 – золото-черносланцевый; 20 – золото-медно-скарновый; 21 – золото-колчеданный барит-полиметаллический; 22 – золото-железорудно-скарновый; 23 – хромитовая альпинотипных офиолитов; месторождения и проявления хромитов: У – Успенское; Б – Белининское; С – Сеглебирское; К – Кыркылинское; У-О – Узун-Оюкское; Ч-У – Чаган-Узунское. Месторождения и проявления золота: 1 – Коуринское; 2 – Чанышское; 3 – Майское; 4 – Кубанское; 5 – Сиинское; 6 – Ульменское; 7 – Каимское; 8 – Карымское; 9 – Барангольское; 24 – Катунско-Мрасская марганец-золоторудная область

До начала 90-х годов в России использовались в основном богатые руды Кемпирсайских месторождений Казахстана с содержанием Cr_2O_3 свыше 48 %. В настоящее время, в связи с дефицитом собственного производства и выявлением крупных объектов с бедными рудами, в промышленное освоение вовлекаются месторождения с содержанием в рудах Cr_2O_3 25–30 %.

Современные масштабы потребления хромовых руд значительны – в 1992 г. мировое потребление составило более 10 млн. т., Россия в том же году использовала около 1,5 млн. т. Масштабы потребления и требования к качеству руд и концентратов обуславливают необходимость поисков крупных месторождений с высококачественными рудами.

Хромовые руды Алтайского региона относятся к наиболее перспективному – металлургическому геолого-промышленному типу, имеющему наиболее разнообразное и важное применение.

В *Успенском массиве* выявлено 7 проявлений хромитов магматогенного генезиса. Все они залегают в дунитах в 10–50 м от контакта их с перидотитами. Наиболее крупное жилообразное тело состоит из разновеликих тектонических рудных блоков шириной 20–30 м и длиной 55 м. Другое тело длиной около 100 м, мощностью 1,7–2 м колонковой скважиной прослежено на глубине в интервале 55–59 м. Контакты рудного тела резкие и оторочены крупнозернистым баститом. Во вмещающих породах содержатся мелкие четковидные линзы хромита. Массив объединяет проявления хромитов: Успенское, Успенское-1 и группу проявлений водораздела руч. Логовой и р. Дресвянка, а так же силикатно-никелевое проявление в центральной части массива серпентинитов. Проявление хромовых руд Успенское расположено на восточном склоне вершины с отметкой 504,7 м (г. Веселая), в 500 м от нее, в 2,5 км по аз. 160° от ж.д. разъезда Тогуленок.

Рудопроявление Успенское приурочено к осевой зоне центральной части Тогул-Сунгайского гипербазитового массива. Канавой вскрыты убогие вкрапленные руды с единичной линзой мощностью 0,1 м массивных хромитов. Содержание триоксида хрома в них 34,64 %. Кроме того, в 24 шурфах выявлены делювиальные глыбы массивных хромитов весом до 100 кг, залегающих на коренных серпентинитах. Глыбы хромита рассредоточены на участке площадью 6500 м^2, залегая, преимущественно, в западинах древнего рельефа, хорошо картируемых по элементам дневной поверхности. Химический состав массивных руд (в масс. %): Cr_2O_3 – 54,56, FeO – 10,60, Fe_2O_3 – 6,18, MgO – 13,14, Al_2O_3 – 10,56, SiO_2 – 3,52, CaO – 0,06, п.п.п. – 1,18. На участке проведены поиски коренных руд линиями шурфов с рассечками, с расстоянием между ними 20–40 м и между шурфами – 8–12 м. Глубина выработок 8–12 м. Рекомендуется проверка гравиметровых аномалий и поиски коренного источника хромитовой россыпи.

Проявление хромовых руд Успенское-1 расположено на водоразделе руч. Логовой и р. Дресвянка, в центральной части массива серпентинитов, у западного контакта на профиле XIX. Представлено телом массивного хромита, имеющего длину по простиранию 55 м при мощности от 0,2 м (рассечка из шурфа 377) до 3,0 м (шурф 551). Тело имеет общее меридиональное простирание и крутое западное падение. Мощность крайне непостоянна; иногда на расстоянии 3-х м мощность изменяется от 1,2 до 15–20 см (шурф 353 и рассечка). Контакты извилистые, с апофизами, ответвлениями. В канаве 2 отчетливо заметны пострудные диагональные дизъюнктивные нарушения, вдоль которых произошло смещение отдельных блоков в горизонтальной плоскости. Величина смещений 0,2–0,5 м. Плоскости сместителей круто падают на СЗ и ЮЗ. В районе шурфа 551 на глубине 7–8 м тело выполаживается (угол падения меняется с 80 до 45°) и на 14–15 м выклинивается. Контакты резкие, четкие. В рассечке № 1, пройденной из шурфа № 553, лежачий бок тела хромитов сложен серпентинитами по перидотиту (с баститом). В контакте с хромитовой жилой заметны следы дробления, смятия. Висячий бок сложен аподунитовыми серпентинитами. В серпентинитах и хромитах часто наблюдаются секущие прожилки, сложенные гелевидным травяно-зеленым серпентинитом и серпентинизированным крупнозернистым пироксеном.

Хромдиопсид в виде прожилков мощностью 1–4 см пересекают хромитовые руды. Хродиопсид светло-зелёный, крупно-кристаллический, местами полупрозрачный, нередко серпентинизирован. Относится к ювелирным разностям.

Химический состав массивных хромитов: оксид хрома – 49 %, SiO_2 – 6,13 %, Al_2O_3 – 10,8 %, CaO – 0,04 %, MgO – 10,06 %, Fe_2O_3 – 20,54 %, FeO – (пересчитанное) – 18,45 %, модуль – 2,65 %, п.п.п. – 0,025 %. Силами ОАО «Новотроицкий завод хромовых изделий» на Успенском участке вскрыты мелкие линзовидные тела хромовых руд с содержанием Cr_2O_3 46,2–53,6 %. Предва-

рительно апробированные ресурсы хромовых руд по состоянию на 01.06.2003 года по Успенскому массиву категории P_2 составили 0,5 млн. т.

Перспективность Алтайского региона на хромовое оруденение повышается также и тем, что они являются комплексными рудами и в пределах рудных залежей хромититов и вблизи них обнаруживаются промышленные содержания никеля, кобальта, золота, серебра и платиноидов [3].

Проявление силикатных руд никеля приурочено к западному контакту Успенского гипербазитового массива в его центральной части. Никеленосные охры коры выветривания серпентинитов слагают полосу шириной 40–50 м вдоль западного контакта массива и прослежены на 600–650 м при мощности от 0,5 до 10,0 м. На Успенском массиве выведены на поверхность древнего эрозионного среза самые нижние части линейно-контактовой коры выветривания. Нижняя граница коры выветривания лежит на уровне 370 м и вскрыта на профиле XXIV–XXIV шурфами 652, 660 и скважиной Б-123 с расстоянием между выработками 16–30 м. Повышенное содержание никеля выявлено в структурных охрах, где по данным химического анализа содержание никеля 1,0–1,05 %, кобальта 0,04 %, железа 20 %. В перемытых нонтронитовых глинах никеля – 0,5–1,0 %, кобальта – 0,05 %, железа – 23–25 %. В слабо нонтронитизированных серпентинитах и охристо-кремнистых породах содержание никеля 0,33 %. Предполагаемые запасы никеля 2305 т, кобальта 218 т.

В Мартыново-Шалапском массиве при разведке на никель скважинами и шурфами вскрыты десятки небольших проявлений и пунктов хромитовой минерализации при мощности рудоносных горизонтов до 56 м.

Белининское проявление локализовано в аподунитовых серпентинитах Мартыново-Шалапского массива. Оконтурены 3 линзы хромитов от сливных руд до редковкрапленных по периферии. Размеры линз до 8,0×1,5 м. Падение линз северо-восточное под углом 40-50°.Содержание оксида хрома в сливных рудах от 49,4 до 63,3 %. В 500 м на юго-восток канавой прослежена 18-метровая зона брекчированных жил густовкрапленных и массивных хромитовых руд. Мощность от 0,1 до 0,8 м, содержание оксида хрома до 44,5 %.

В Горном Алтае наиболее перспективным является северная полоса выходов офиолитов, где локализуется Кыркылинское проявление хромитов.

Кыркылинское проявление хромитов приурочено к одноименному массиву офиолитов. Проявление расположено в правом борту р. Кыркыла и представлено зоной вкрапленного и прожилково-вкрапленного хромит-магнетитового оруденения, развитого на площади 220×35 м с содержаниями триоксида хрома до 1 %, и шлировыми образованиями массивных хромитов среди серпентинитов размерами до 0,5×5 м. В центральной части зоны на площади 35×10 м отмечается участок более интенсивного хромит-магнетитового оруденения со средним содержанием триоксида хрома 3,4 %. Рудные прожилки имеют протяжённость до 0,3–1,5 м. Хромпикотит маложелезистый (FeO до 4,3–12,65 %). Спектральным анализом в рудах установлены (%): никель – 0,25, кобальт – 0,008. В шлирах хромита содержания никеля варьируют от 0,1 до 0,4 %, кобальта от 0,008 до 0,02 %. По содержанию Cr_2O_3 руды проявления относились ранее к убогим, но легкообогатимым, из которых гравитационным методом выделяются кондиционные хромитовые концентраты. В процессе опоискования Кыркылинского участка на нефритовое сырьё нами обнаружены более богатые руды, расположенные восточнее описанного участка.

Это проявление представлено линзовидно-вкрапленным типом руд, местами с массивными сегрегациями протяжённостью от 2 до 7 м и мощностью от 25 до 75 см. Оруденение представлено хромдиопсидом, ассоциирующим с платиноидами. Хромдиопсид средне-крупнокристаллический тёмно-зелёной окраски с содержанием оксида хрома 51–53 %. В богатых массивных и густо вкрапленных рудах помимо хрома установлены платина: от 0,2 до до 0,5 %. Проявление не изучено по простиранию и на глубину. Прогнозные ресурсы категории P_2 оценены в 1, 5 млн. т.

Близкие параметры хромитового оруденения и состав минеральных фаз обнаруживает и *Устюбинское проявление,* расположенное восточнее Кыркылинского участка.

Узун-Оюкское проявление хромитов локализуется в пределах одноименного массива расслоенных ультрабазитов и представлено вкрапленными редко массивными рудами. Хромшпинелиды – хромдиопсид и хромпикотит ассоциируют с магнетитом, редко – сульфидами (пирротином, пиритом, кобальтином, пентландитом). Чаще же сульфидные сегрегации разобщены в пространстве с хромититами. Протяжённость хромитового оруденения на наиболее перспективном Центральном участке превышает 150 м, ширина варьирует от 4 до 5 м. Содержание хрома в рудах варьируют от 10 до 47 %. Составы платиноидных фаз, расположенных ниже хромититов по эрозионному

врезу, позволяют относить выявленные минералы к группе изоферроплатины (участок Центральный), а также минералы элементов платиновой группы системы осмий-рутений-иридий, которые согласно современной номенклатуре могут быть отнесены к иридосминам и рутениридосминам, обнаруженным на всех остальных участках обследованного Узун-Оюкского массива [1, 3].

Такие же платиноиды обнаружены в пределах *Чаган-Узунского проявления хромитов*, где главной фазой руд представлен хромдиопсид, образующий густую вкрапленность и мелкие массивные линзы хромититов.

Все описанные месторождения и проявления хромовых руд относятся к формации хромитовой альпинотипных офиолитовых массивов, для которой характерны очень высококонцентрированные, маложелезистые хромовые руды.

Предварительно апробированные ресурсы категории P_2 по Белининскому массиву по состоянию на 01.06. 2003 г. триоксида хрома составили 10 млн.т., что отвечает крупным по запасам месторождениям.

Всего по Алтайскому краю предварительно апробированные ресурсы триоксида хрома категории P_2 по состоянию на 01.06.2012 г составили 15,0 млн. т.

Таким образом, Алтай представляет собой перспективный район распространения высокохромистых руд, приуроченных к выходам позднерифейско-кембрийских офолитовых пластин Салаира, Горной Шории и Горного Алтая. Хромовое оруденение связано с формацией хромитовых альпинотипных офиолитов океанического этапа развития Палеоазитского океана. Как правило, хромитовые залежи подиформных руд относятся к комплексным по составу и пространственно тяготеют к проявлениям платиноидов, никеля, кобальта, обогащенных золотом и серебром, что повышает их экономическую значимость. Запасы и прогнозные ресурсы триоксида хрома позволяют отрабатывать их для местных металлургических предприятий (Новотроицкий завод хромовых изделий в Алтайском крае), а также для вблизи расположенных металлургических предприятий Кузбасса в Кемеровской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Республики Алтай. – Бийск: Изд-во АГАО, 2010. – 385 с.

2. Гусев А.И. Минерагения и полезные ископаемые Алтайского края. – Бийск: Изд-во ГОУВПО АГАО, 2011. – 365 с.

3. Гусев А.И., Кукоева М.А. // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 11. – С. 20–23.

4. Поиски, разведка и оценка хромитовых месторождений; под ред. Т.А. Смирновой, В.И. Сегаловича. – М.: Недра, 1987. – 166 с.

УДК 631.316.6 + 631.319.2

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА РАБОЧИХ ОРАНОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КУЛЬТИВАТОРА

[1]Анутов Р.М., [2]Котельников В.Я., [3]Козявин А.А., [2]Котельников А.В., [1]Тищенко Д.Е., [2]Серебровский В.В.

[1]Грязинский культиваторный завод, Грязи;
[2]Юго-Западный госуниверситет, Курск;
[3]КГСХА, Курск, e-mail: rotor9090@mail.ru

Даны исследования о влиянии абразивного износа рабочих органов на технологические параметры обработки почвы культиваторами.

Ключевые слова: культиваторы, экологическая обработка почвы, сохранение геометрии рабочих органов

THE INFLUENCE OF WORKING TOOLS' WEAR ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SOIL CULTIVATION

[1]Anutov R.M., [2]Kotelnikov V.Y., [3]Kozyavin A.A., [2]Kotelnikov A.V., [1]Tishchenko D.E., [2]Serebrovskii V.V.

[1]Gryazinsky cultivator plant, Gryazi;
[2]Southwestern State University, Kursk, e-mail: rotor9090@mail.ru;
[3]KGSKHA, Kursk

The article is about the influence of working tools abrasive wear on technological parameters of soil cultivation.

Keywords: cultivators, ecological soil cultivation, working tools configuration upload

Основной предпосылкой выбора рациональной конструкции комбинированных машин и ширины захвата рам при обработке почвы, внесении удобрений и посеве сельскохозяйственных культур, является достижение максимального урожая с единицы площади. Это практическое требование технологии имеет место при рациональном использовании культурными растениями всех факторов их жизнеобеспечения – света, тепла, элементов питания и воды. При этом в равной степени имеют значение как космические (свет и тепло), так и земные (пища и вода) факторы. Потребность растений в воде по различным научным источникам изменяется в широких пределах. Это необходимо учитывать при оценке работы комбинированных почвообрабатывающих машин. Создание многофункциональных комбинированных машин предусматривает сокращение числа операций, улучшение и соблюдение агротехнических требований и снижение производственных издержек на выращивание сельскохозяйственной продукции. Комбинированные агрегаты отличаются отоднооперационных машин значительным набором рабочих органов, соединенных между собой в динамическую систему. В этой связи рабочие органы комбинированных машин в процессе выполнения технологических операций подвергаются большим динамическим нагрузкам, абразивному износу, электрохимической коррозии в атмосфере.

Характерной особенностью комбинированных агрегатов является неравномерность динамических нагрузок на рабочие органы и их неравномерный относительный износ. Быстрый износ и изменение геометрической формы рабочих поверхностей вызывает нарушение технологической надежности агрегатов за счет относительной равномерности глубины хода рабочих органов. Это, в свою очередь значительно увеличивает тяговое сопротивление машин, удлиняет простои многофункциональных комбинированных агрегатов. При этом возрастает потребность в запасных частях, увеличиваются затраты на ремонт, установку и регулировку машины. Простои возрастают из-за неравномерности износа отдельных, более нагруженных частей комбинированных агрегатов, что снижает их эксплуатационную и, соответственно, технологическую надежность. В отдельных случаях из-за простоев и неравномерного износа поверхностей рабочих органов, не представляется целесообразным совмещать их в одном агрегате. Повышение динамической износостойкости прочности и надежностиагрегатов в ходе их эксплуатации является одной из актуальных проблем сельскохозяйственного машиностроения. Эта проблема неразрывно связана с изучением закономерностей изнашивания деталей машин, их эксплуатационной надежности, оценкой их работоспособности и сроков межремонтных работ, качеством

выполнения технологических операций в производстве. Это и определяет взаимосвязь эксплуатационной и технологической надежности комбинированных агрегатов. Имеющая место тенденция повышения рабочих скоростей комбинированных машин, снижение их металлоемкости, повышение долговечности, неразрывно связана с научной проблемой износостойкости и прочности машин. Успешное решение этой задачи связано с изучением закономерностей функционирования комбинированных агрегатов в производственных условиях и испытаниях на МИС.

Износ рабочих органов, глубина обработки почвы и качество функционирования машин взаимосвязаны. Так, на глубину отклонений обработки почвы влияет неравномерный износ рабочих органов комбинированных машин, особенно при жестком креплении рабочих органов к раме.

В основу функционирования комбинированных агрегатов заложены агробиологические технологии, свойства почв, новые способы обработки почв и борьбы с сорняками и сроки выполнения полевых работ. Эти требования достаточно полно и обоснованно сформулированы в специальной литературе по агротехнологиям, ГОСТах, рекомендациях и методиках испытаний машин. В них даны сроки и требования к выполнению работ комбинированными машинами, и те агробиологические и технико-экономические последствия, которые имеют место при их нарушении в части получения высоких урожаев в экстремальных условиях.

В этой связи характерной особенностью сельхозмашин является их кратковременное и периодическое использование в производственном цикле и последующее, достаточно длительное хранение в течение года. Например, по 20 агротехническим требованиям плуги заняты весной на перепашке зяби и весновспашке в течение 10–15 дней и на зяблевой пахоте 55–60 дней. Культиваторы используют в течение весенних и осенних операций в зависимости от их назначения от 10 до 35 дней. Сеялки используют 8–12 дней на весеннем севе и 12–15 дней – на посеве озимых культур. Разные сроки выполнения основной, предпосевной обработки почвы, посев и уход за посевами в течение периода вегетации, длящийся 150–160 дней, постоянный рост сорняков на полях, различный износ рабочих органов, высокая стоимость агрегатов ограничивают возможности технологического синтеза комбинированных агрегатов. Знание закономерностей функционирования основных и служебных рабочих органов комбинированных агрегатов, динамических нагрузок на рабочие поверхности, влияние их на качество выполнения полевых работ, позволяет создавать более эффективные конструкции почвообрабатывающих машин в зависимости от их технологического назначения.

С увеличением износа увеличивается относительная неравномерность глубины хода рабочих органов. На всем этапе изнашивания непрерывно нарушается и изменяется установленная глубина обработки. При этом износ у всех типов рабочих органов происходит неодинаково. Контуры износа и рабочая геометрия рабочих органов изменяются более интенсивно у носка. В зависимости от количества обработанной площади (га) и типа почв, изменяется срок износа по весу и геометрической форме. Закономерности изменения формы лемеха от объема вспашки, полученные ВИСХОМ, свидетельствуют, что зависимость износа (г), от количества обработанных гектаров близка к линейной. Характерной особенностью износа является не только нарушение глубины обработки почвы, но и резкое увеличение тягового сопротивления агрегата. Восстановить технологическую и энергетическую надежность агрегата можно реставрацией или заменой рабочих поверхностей новыми элементами. Ресурсные испытания показывают, что упрочнение рабочих поверхностей по всей площади износа является одним из приемов увеличения срока службы машин, оснащенных лапами и лемешно-отвальными поверхностями. В настоящее время для большинства рабочих органов почвообрабатывающих машин, находящихся в длительной эксплуатации, определены предельные сроки износа, установлена их долговечность в зависимости от условий внешней среды, типа почв и их физико-механических свойств. Результаты исследований показывают, что изнашивание металла в абразивной среде зависит от большого числа совокупно действующих факторов и комплексно связанных между собой рабочих и служебных параметров . Сложность оценки прочности и процесса изнашивания рабочих органов обусловлена непрерывно меняющимися условиями эксплуатации, силами трения, неоднородностью абразивной среды, сложностью динамических нагрузок, характером поверхностного контактирования частиц и нагрузок. Износ определяется по обобщенному уравнению:

$$\Delta G = f(p, S, L, m, H, \gamma),$$

где p – давление абразива; L – путь трения; S – площадь трения; H – твердость металла; g – объемный вес металла.

В исследованиях И.В. Крагельского, М.М. Хрущова разработаны методы расчета прочности деталей, весовой и линейной удельной изнашиваемости материалов рабочих поверхностей сельхозмашин из конструкционных и других специальных сталей Л65, 9ХС, Х12, У12, модифицированных ковких, белых и серых чугунов с высокопрочным шаровидным карбидом. Неравномерный износ нарушает продольную и поперечную устойчивость, а также прямолинейность движения почвообрабатывающих агрегатов. Нарушение прямолинейности движения агрегата с широкой рамой затрудняет управление трактором, снижает производительность и качество обработки почвы. Длинные консоли рам и пестрота плотности почвы создают разные по величине моменты сил сопротивления относительно точек прицепа машины. В ходе силового нагружения рам и трактора, могут быть различные случаи силового воздействия на мобильный агрегат. Идеальным является такое нагружение, когда сила сопротивления и сила тяги трактора находятся на одной прямой. Если сила сопротивления параллельна силе тягитрактора, но смещена в сторону от центра тяжести, то возникает разворачивающий момент силы, который поворачивает трактор относительно центра масс вправо или влево. Такой увод трактора нарушает прямолинейность движения. Могут иметь место комбинации действия сил, которые разворачивают раму относительно точки прицепа и создают колебания от прямолинейного движения. Аналогичным образом решается задача о силовом влиянии для прицепных и полунавесных машин. Для уменьшения величины отклоняющего момента и угла отклонения центра рамы от линии симметрии агрегата и направления движения необходимо увеличивать продольную базу прицепа рамы. Следует стремиться к тому, чтобы глубина хода рабочих органов была постоянной, т.е. чтобы лапы хорошо приспосабливались к рельефу поля. Постоянство глубины хода в почве рабочих органов машины любого типа зависит от способа крепления рабочих органов к раме, ширины захвата рамы и схемы расстановки колес. Ширина захвата и расстановка рабочих органов на раме влияет на проходимость комбинированных машин.

Комбинированные многофункциональные почвообрабатывающие машины более сложны по устройству по сравнению с однооперационными агрегатами. Поэтому доступ к рабочим органам по всей ширине захвата таких машин весьма затруднен.

Наряду с конструктивным упорядочением и унификацией рабочих органов комбинированных машин, повышением качества их изготовлении, неотложными мероприятиями, которые обеспечивают значительное повышение производительности и качества их работы, являются, борьба с забиванием сорняками рабочих органов и увеличение стойкости износа рабочих поверхностей. Это осложняет их очистку от сорняков, увеличивает время на уход за агрегатами и его простои. Даже у простых культиваторовпроизводительность из-за простоев для очистки лап и стоек от набившихся сорняков на участках засоренных полевым вьюнком (березкой) снижается на 30–50%. Забиванию подвержены все существующие конструкции стрельчатых лап. Поэтому естественно, что с давних пор изыскивались способы для устранения забивания. Наиболее интересным решением является разработка стоек с дисковыми ножами впереди лапы или стойки с наклоном вперед. При наезде на сорняки стойка вдавливает их в почву и перерезает в нижних, более плотных горизонтах. Однако такие недостатки, как сложность изготовления и ремонта, а также повышенные выталкивающие реактивные сопротивления для такой конструкции, осложняют их использование. Наиболее приемлемым решением для борьбы с сорняками являются ротационные комбинированные агрегаты с сепарирующими рабочими органами, у которых организация технологического процесса осуществляется периодическим входом и выходом прутьев из почвы. Одним из путей снижения забивания рабочих органов сорняками является обработка полей в тот период, когда сорняки находятся в фазе нитевидных проростков и начальной фазы вегетации, а их размеры не превышают 25–50 мм. Своевременная и системная обработка засоренных плантаций сепарирующими ротационными рабочими органами обеспечивает высокую технологическую и эксплуатационную надежность машин.

УДК 631.316.6 + 631.319.2

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ УГЛОВ ВХОДА РОТАЦИОННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КУЛЬТИВАТОРА В ПОЧВУ

[1]Анутов Р.М., [2]Котельников В.Я., [3]Козявин А.А., [2]Котельников А.В., [1]Тищенко Д.Е.

[1]Грязинский культиваторный завод, Грязи;

[2]Юго-Западный госуниверситет, Курск;

[3]КГСХА, Курск, e-mail: rotor9090@mail.ru

Даны рациональные параметры углов входа в почву сепарирующего диска культиватора

Ключевые слова: культиваторы, экологическая обработка почвы ,сохранение влаги, энергии, времени и средств

MECHANICAL-TECHNOLOGICAL MODELING AND STUDY OF ROTATIONAL ANGLES OF ENTRY OF WORKERS INTO THE SOIL CULTIVATOR

[1]Anutov R.M., [2]Kotelnikov V.Y., [3]Kozyavin A.A., [2]Kotelnikov, A.V., [1]Tishchenko D.E.

[1]Gryazinsky cultivator plant, Gryazi;

[2]Southwestern State University, Kursk, e-mail: rotor9090@mail.ru;

[3]KGSKHA, Kursk

Given the rational parameters of the entrance to the corners of the ground separating the disc cultivator.

Keywords: cultivators, environmental soil moisture retention, energy, time and money

Угол входа пальца в почву является определяющим фактором заглубления диска сепарирующей батареи. При решении этого вопроса могут иметь место два случая.

1. Ось пальца совпадает с радиусом диска и проходит через его центр. На схеме приняты обозначения: *R* – радиус диска, *Ri* – радиус мнимой окружности, катящейся без скольжения относительно линии *cx*. На участках входа и выхода из почвы конец пальца опишет траекторию *bfk*, симметричную относительно *oy*. В точке *O* палец становится вертикально, в точках *b* и *k* он наклонении под острым углом. Минимальное значение угла входа должно быть таким, чтобы палец не касался нижней плоскостью траектории резания *bf*. В ином случае он не будет заглубляться в почву. Так как траектории входа и выхода симметричны относительно оси *oy*, то углы касательных на входе и выходе равны между собой. Следовательно, предельное положение угла наклона пальца в точке *b* совпадает с углом наклона касательной к траектории движения, который, в свою очередь, определяется углом θ скалывания почвы и передаточным числом *I* тормоза, то угол наклона касательной возрастает, тогда палец, оставаясь наклоненным под меньшим углом, касается нижней плоскостью необработанной поверхности, и его заглубление в почву ухудшается. Так, для траектории нормальной циклоиды *PO* (при передаточном отношении, равном единице) касательная в точке *P* имеет угол θ_1 наклона больше, чем к траектории удлиненной циклоиды в точке b. В силу равенства углов наклона касательных в точках *b* и *k* предельное значение угла входа должно быть не меньше угла θ скалывания почвы. Из геометрических соотношений видно, что ∠*acb* равен θ. Радиус *ab* является катетом прямоугольного треугольника, опирающегося на диаметр ac окружности, построенной на радиусе *Ri* с центром в точке α. Тогда ∠*abc* – прямой, а ∠*bca* и ∠*cab* – острые.

В этом случае справедливо равенство:

$$\frac{ab}{ac} = \sin\theta$$

или

$$\frac{R}{Ri} = \sin\theta.$$

Откуда:

$$I = \frac{1}{\sin\theta}. \qquad (1)$$

Таким образом, рациональный угол установки пальца к горизонту в точке касания с почвой определяется углом ее скалывания или углом касательной к траектории движения в этой точке. Минимальное значение угла δ равно:

$$\delta = \theta = \arcsin\frac{1}{i}. \qquad (2)$$

Это равенство применимо для выбора угла входа пальца при обработке легких и средних по механическому составу почв.

2. Ось пальца не совпадает с радиусом диска и проходит ниже его центра. Этот случай применим для расчета угла входа

пальца при обработке плотных, тяжелых почв. Основаниями для проектирования такого диска являются угол установки пальца в точке максимального заглубления и угол его входа в почву. Первое условие определяется равенством:

$$\delta = \frac{\pi}{2} - (\theta + \varphi).$$

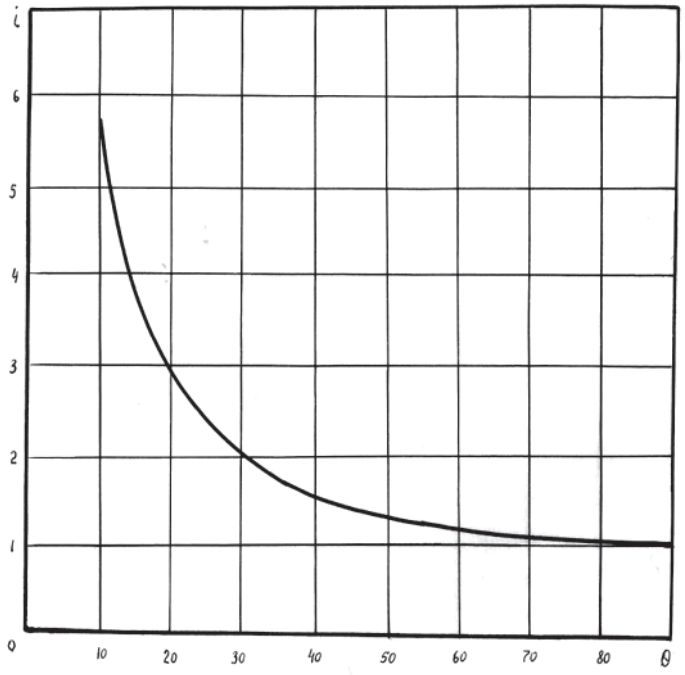


Рис. 1. Зависимость между передаточным числом тормозного, ротора и углом скалывания почвы

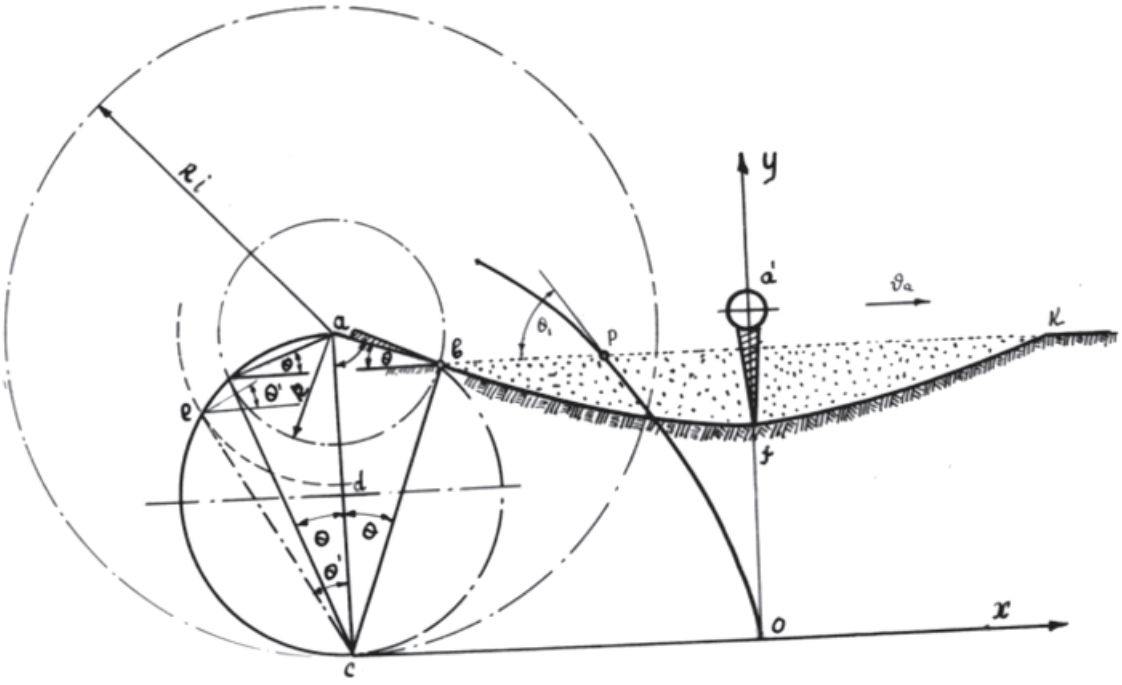


Рис. 2. К определению угла входа пальца в почву

Для определения угла входа пальца, не совпадающего с радиусом диска, рассмотрим схему (рис. 3), где принятые обозначения аналогичны на предыдущей схеме (рис. 2). В этом случае палец *kb* отклонен с радиуса *ak* диска на угол *kba*. Используя геометрические построения и теорему синусов для треугольника *abk*, составим отношения:

$$\frac{ac}{\sin\angle abc} = \frac{ab}{\sin\theta}.$$

Здесь $\angle abc = \frac{\pi}{2} + \theta + \varphi.$

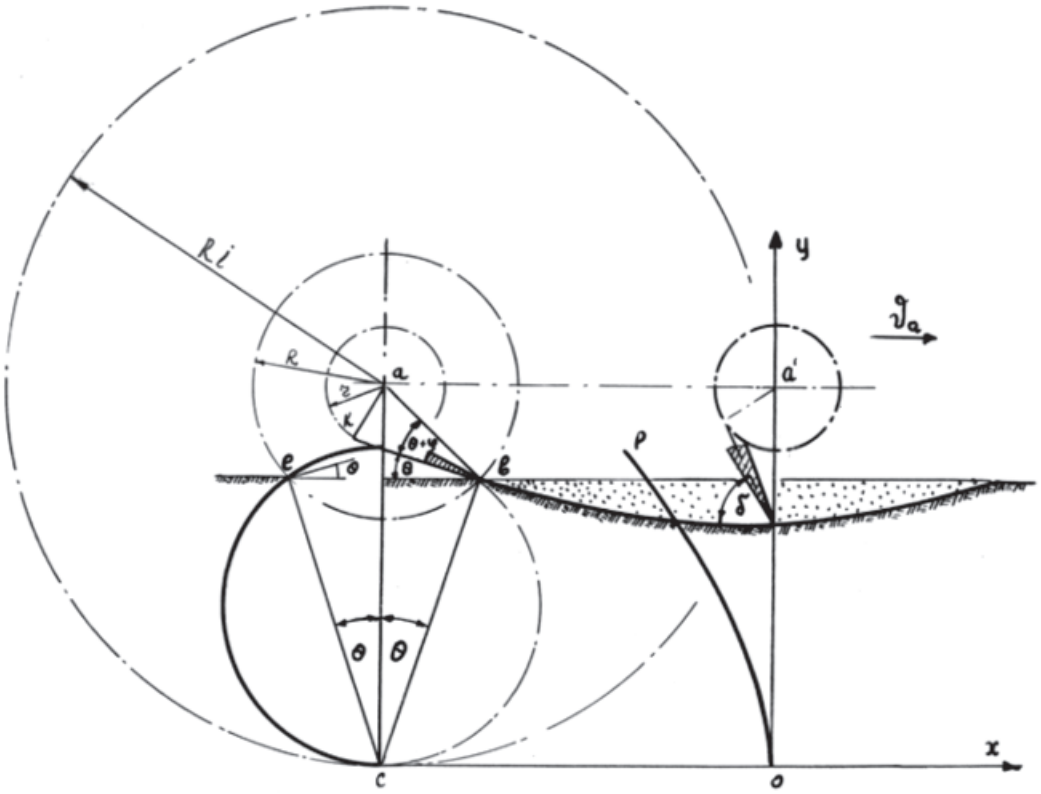


Рис. 3.К определению угла установки пальца на диске

Заменяя *ac* и *ab* их значениями, имеем:

$$\frac{Ri}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \theta + \varphi\right)} = \frac{R}{\sin\theta}.$$

Откуда:

$$I = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \theta + \varphi\right)}{\sin\theta} = \frac{\cos(\theta + \varphi)}{\sin\theta}. \quad (3)$$

Угол λ отклонения пальца от радиуса диска равен:

$$\lambda = \theta + \varphi$$

или

$$\lambda = \arccos i \cdot \sin\theta. \quad (4)$$

Полученные зависимости (1), (2), (3), (4) удовлетворяют условию заглубления и устойчивого хода пальца в почве.

Выводы

Математическая модель и ее детерминированное решение однозначно определяет влияние и взаимосвязь между физико-механическими свойствами почвы и кинематическими параметрами энергосберегающего ротора культиватора.

УДК 631.316.6 + 631.319.2

РАЦИОНАЛЬНЫЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УГЛОМ УСТАНОВКИ ПАЛЬЦА СЕПАРАТОРА И ПЕРЕДАТОЧНЫМ ЧИСЛОМ ТОРМОЗА СКОРОСТНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО КУЛЬТИВАТОРА

[1]Анутов Р.М., [2]Котельников В.Я., [3]Козявин А.А., [2]Котельников А.В., [1]Тищенко Д.Е.

[1]Грязинский культиваторный завод, Грязи;

[2]Юго-Западный госуниверситет, Курск;

[3]КГСХА, Курск, e-mail: rotor9090@mail.ru

В статье найдены рациональные углы установки пальцев сепарирующего ротора в зависимости от передаточного числа тормоза.

Ключевые слова: культиваторы, экологическая обработка почвы ,сохранение влаги, энергии, времени и средств

RATIONAL RELATIONSHIP BETWEEN THE ANGLE OF THE FINGER AND SETTING A RATIO OF SPEED BRAKE UNIVERSAL CULTIVATOR

[1]Anutov R.M., [2]Kotelnikov V.Y., [3]Kozyavin A.A., [2]Kotelnikov A.V., [1]Tishchenko D.E.

[1]Gryazinsky cultivator plant, Gryazi;

[2]Southwestern State University, Kursk, e-mail: rotor9090@mail.ru;

[3]KGSKHA, Kursk

We find rational angles of the fingers separating the rotor according to the gear brakes.

Keywords: cultivators, environmental soil moisture retention, energy, time and wed

Технологический процесс обработки пласта пальцем сепаратора выполняется при переменных углах и глубине его хода. В связи с этим важно знать значения углов наклона пальца к горизонту на различных участках траектории движения его в почве. При кинематическом анализе работы пальца установлены три основные фазы рыхления и сепарации почвы.

Первая фаза – вход пальца в почву. Она определяется острым углом начала погружения пальца и движением частиц и сорняков вверх по его рабочей поверхности. Основное назначение этого угла – обеспечивать заглубление диска в почву и сепарацию ее вместе с сорняками.

Вторая фаза характеризует максимальное заглубление пальца в почву. На этом участке определяющим показателем технологии является предельный угол наклона пальца к горизонту, а также направление равнодействующей силы к поверхности поля и траектории линии резания.

Третья фаза соответствует выглублению пальца из почвы. Здесь происходит уменьшение глубины обработки пласта, очистка пальца от почвы и сорняков и завершается его рабочий цикл.

Общий случай движения пальца в почве можно рассматривать как работу клина с переменным углом δ_1, δ, δ_2 (рис. 1). Угол наклона принимает три положения. В принятой схеме почва характеризуется углом скалывания θ, который по теории предельного равновесия для данного типа почвы изменяется в заданных пределах. Равнодействующая сила R отклонена от нормали к пальцу на угол φ трения. На схеме (а) угол наклона выбран таким, что равнодействующая сила направлена выше линии предельного угла θ скалывания почв 9 пунктирная линия). В этом случае крупные фракции почвы активно перемещаются вверх по пальцу и сепарируются вместе с сорняками на поверхность. По мере увеличения угла δ (рис. 1, б) направление вектора приближается к линии предельного угла скалывания соответствует предельное значение угла наклона, когда сумма проекций сил на вертикальную ось равна нулю:

$$\Sigma F_y = 0.$$

Дальнейшее увеличение угла δ_2 наклона пальца (рис. 1, в), переводит направление вектора равнодействующей за линию предельного угла и при некотором значении угла δ совмещается с ней. Этому положению угла скалывания почвы соответствует вертикальная составляющая сила, которая выталкивает из почвы диск, а сумма проекций сил – положительная и направлена вверх.

Изменения угла наклона в пределах от δ_1 до δ_2 существенно влияют на характер возникающих напряжений в зоне разрушения почвы. Так, в положении пальца (а) превалируют напряжения растяжения и сдвига, в то время как положению пальца (в) соответствуют напряжения сжатия и сдвига.

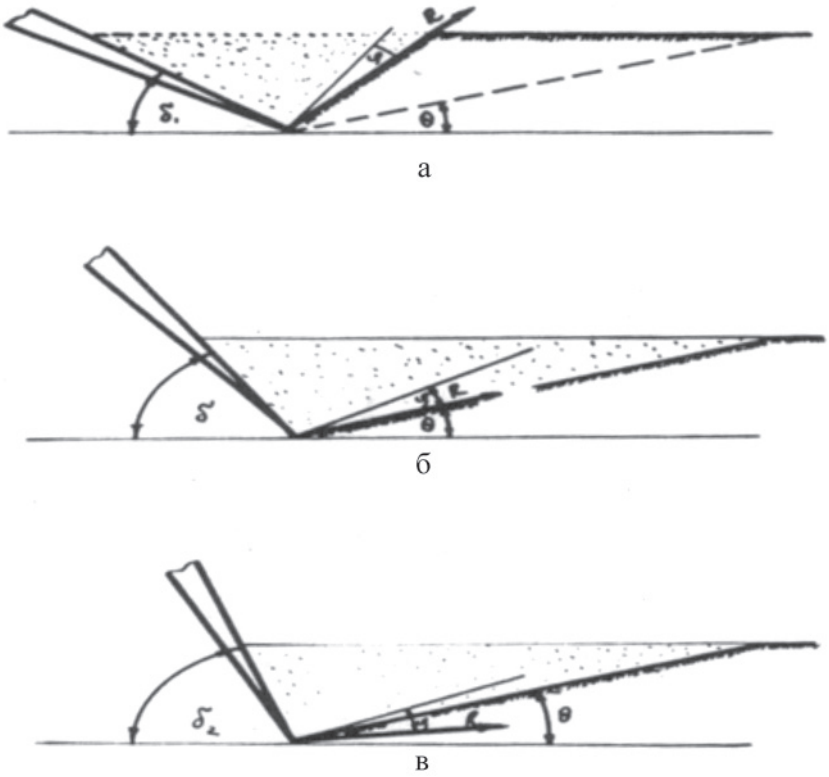


Рис. 1. К определению угла наклона пальца в точке максимального заглубления пальца

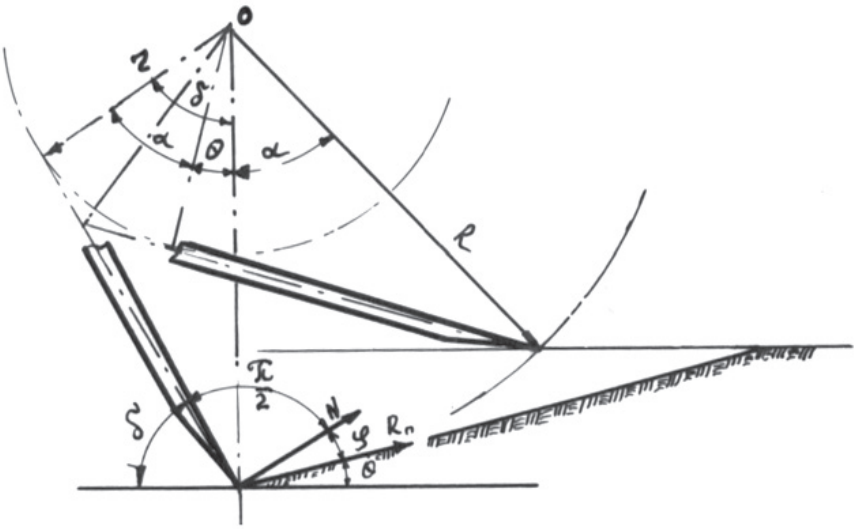


Рис. 2. К определению рационального соотношения между углом установки пальца и передаточным числом тормозного ротора

Таким образом, если вектор равнодействующей совпадает с направлением линии скалывания почвы, а конец пальца перемещается по этой линии или несколько выше ее, то он не разрушает слой почвы, лежащий, ниже линии скалывания. В этом случае достигается максимальная глубина хода пальца, устойчивость его работы на участке выхода из почвы, меньше расходуется энергии на разрушение уже сдвинутого пласта. Следовательно, рациональный угол необходимо выбрать с учетом траектории движения конца пальца, определяемой кинематическими параметрами тормоза и дисков. Точка максимального заглубления пальца и рациональный угол его наклона позволяют установить геометрические соотношения между диском и пальцем. В зоне макси-

мальной глубины хода рациональный угол равен:

$$\delta+\frac{\pi}{2}+\varphi+\theta=\pi$$

или

$$\delta=\frac{\pi}{2}-(\varphi+\theta).$$

Здесь φ – угол трения почвы о металл; θ – угол сдвига почвы, в пределе он равен:

$$\theta=\frac{\pi}{4}-\frac{f^*}{2},$$

где f^* – угол трения почвы о почву.

Тогда для каждой фазы положения пальца в почве определим углы δ_1, δ, δ_2

1-ая фаза:

$$\delta_1\le\frac{\pi}{2}-(\varphi+\theta).$$

Она характеризует начало заглубления пальца в почву.

2-я фаза:

$$\delta=\frac{\pi}{2}-(\varphi+\theta),$$

при которой сумма проекций сил на ординату равна нулю, а палец проходит через точку $h_{max.}$

3-я фаза:

$$\delta_2>\frac{\pi}{2}-(\varphi+\theta).$$

Соответствует выходу пальца из почвы и завершению цикла его работы. Одновременно с выходом, происходит очистка пальца от почвы, сорняков и растительных остатков.

Для определения взаимосвязи угла с передаточным числом I тормоза совместим касательную к траектории движения с линией скалывания почвы:

$$\frac{dy}{dx}=\mathrm{tg}\theta=k. \qquad (1)$$

Левая часть уравнения (1) является касательной к траектории движения конца пальца:

$$\frac{dy}{dxi}=\frac{\sin\alpha'}{-\cos\alpha'}.$$

Заменяя α′ через половинные углы, запишем:

$$\frac{2\mathrm{tg}\frac{\alpha'}{2}}{1+\mathrm{tg}\frac{\alpha'}{2}}-Ki-K\cdot\frac{1-\mathrm{tg}\frac{\alpha'}{2}}{1+\mathrm{tg}\frac{\alpha'}{2}}.$$

Экстремальное значение угла $\frac{\alpha'}{2}$ и соответствующее ему передаточное число I определим, приравнивая производную к нулю:

$$(Ki+K)\,\mathrm{tg}^2\frac{\alpha'}{2}-2\mathrm{tg}\frac{\alpha'}{2}+(K-Ki)=0.$$

Делая замену:

$$\mathrm{K}(i+1)=0;$$

$$\mathrm{K}(I-1)=c;$$

$$\mathrm{tg}\frac{\alpha'}{2}=x$$

получаем:

$$\alpha x^2-2x+c=0.$$

Откуда:

$$\frac{\alpha'}{2}=\mathrm{arctg}\,\frac{2\pm\sqrt{1-K(i-1)}}{2K(i+1)}.$$

Наибольшее значение тангенса угла получаем ,если числитель подкоренного выражения равнее нулю:

$$\sqrt{1-K(i-1)=0}$$

или

$$K^2(i^2-1)=1.$$

Тогда

$$i=\pm\sqrt{1-\frac{1}{K^2}}.$$

Если

$$K=\mathrm{tg}\theta, \qquad (2)$$

то справедливо:

$$i=\pm\sqrt{1+\frac{1}{\mathrm{tg}\theta}}=\frac{1}{\sin\theta}. \qquad (3)$$

Из уравнения (2) определим угол θ, получаем:

$$I=\frac{1}{\sin\left[\frac{\pi}{2}-(\delta+\varphi)\right]}$$

или

$$I=\frac{1}{\cos(\delta+\varphi)}.$$

Тогда рациональный угол δ наклона пальца в точке максимального заглубления будет равен:

$$\delta = \arccos\frac{1}{t} - \varphi.$$

Для определения углов δ необходимо знать зависимость угла скалывания почвы от передаточного числа и угол трения почвы по рабочей поверхности. В таблице приведены значения$\theta = f(i)$.

Соотношения углов скалывания почвы и передаточного числа тормоза

Угол скалывания почвы, °θ	10	20	30	35	40	50	60	70	80	90
Передаточное число тормоза, *i*	5,76	2,92	2,02	1,75	1,55	1,3	1,15	1,06	1,01	1

Аналитическое определение углов скалывания по параметрам кинематического режима ротора, позволяют вытирать рациональные значения углов установки пальца ротора.

Выводы

Установлена зависимость кинематического режима торможения от физико-механических свойств почвы, и выбраны соответствующие передаточные значения рабочего органа привода ротора культиватора.

УДК 548.3:548.1

ИТЕРАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ КВАЗИФРАКТАЛЬНЫХ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТОРОВ ТИПА ДЕРЕВО И СНЕЖИНКА НА 2D-СЕТКАХ

Иванов В.В., Таланов В.М.

Южно-Российский государственный технический университет, Новочеркасск, e-mail: valtalanov@mail.ru, valivanov11@mail.ru

Обсуждены методика и некоторые результаты моделирования вероятных конфигураций межфазных границ на поверхности композиционных покрытий, полученные методом итерации генераторов типа дерево и снежинка на периметрах ячеек сеток Кеплера.

Ключевые слова: итерационное моделирование, генератор типа дерево, генератор типа снежинка, сетки Кеплера, квазифрактальные кривые, мультифрактал

ITERATION MODELING OF CONFIGURATIONS OF THE QUAZI-FRACTAL INTERPHASE BORDERS BY GENERATORS OF BOUTH TYPE TREE AND SNOW-FLAKE ON 2D NETS

Ivanov V.V., Talanov V.M.

South-Russian state Engineering University, e-mail: valtalanov@mail.ru, valivanov11@mail.ru

The method and some modeling results of the possible configurations of inter-phase borders onto surface of a compositional materials received by iteration of both type tree and snow-flake as a generators on the definite Kepler's nets were discussed.

Keywords: iteration modeling, generator of tree type, generator of snow-flake type, Kepler's nets, quasi-fractal curves, multi-fractal

Генераторы К(5/3) типа дерево и К($3/3^{1/2}$) типа снежинка используются для аппроксимации гладкой конфигурации границ плоских объектов квазифрактальными кривыми с фрактальной размерностью 1,465 без существенного изменения площади их поверхности или для аппроксимации случайной траектории развития определенных ветвящихся процессов из однотипных или разнотипных центров-источников с фрактальными размерностями, близкими к мерности топологического пространства [1, 2]. Анализ вероятных конфигураций квазифрактальных межфазных границ проводили в соответствии с общими положениями опубликованных ранее в [3-7] методик комбинаторного и итерационного модулярного дизайна различных детерминированных фрактальных структур в 2 пространстве.

Методом i-кратной итерации генераторов гомологического ряда

$$K((3n + 1)/(2n + 1))$$

типа дерево (рис. 1, а) на периметрах ячеек сеток Кеплера (как наиболее простых аппроксимантов набора сечений микрочастиц фаз на поверхности покрытий) возможно получение извилистых конфигураций межфазных границ квазифрактального характера. С каждой i-й итерацией средняя длина межфазных границ увеличивается в соответствии с соотношением

$$L_i = (3n + 1)L_{i-1}/(2n + 1).$$

Каждая i-я итерация генераторов гомологического ряда $K((n + 1)/x)$ типа снежинка (рис. 1, б) на узлах сеток Кеплера приводит к его расщеплению на $(n + 1)$ линейных отрезков-границ с общей длиной $(n + 1)x/i$, которая равна стороне полигона с учетом порядкового номера итерации. Величина коэффициента затухания роста снежинок x меньше 1 и учитывается при расчете скорости изменения общей длины квазифрактальной линии, т.е.

$$L_i = [(n + 1)/x]L_{i-1}.$$

С увеличением размеров полигонов-ячеек сеток Кеплера вклад фрактализации с помощью генераторов типа дерево в общую длину межфазных границ закономерно снижается (рис. 2, а).

В случае использования генераторов типа снежинка этот вклад регулируется с помощью учета коэффициента затухания их роста на узлах сеток Кеплера, для каждой из которых, даже для гетерополигонных сеток, известна поверхностная концентрация этих узлов (рис. 2, б). Очевидно, что для узлов, в которых сходятся разнотипные полигоны (например, в таких сетках Кеплера как 34334, 3636, 488 и других), используются гибридные генераторы снежинок соответствующего состава.

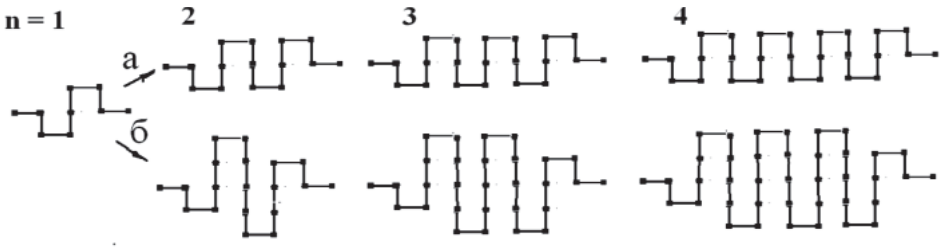


Рис. 1. Первые пять генераторов гомологического ряда K((3n + 1)/(2n + 1)) типа дерево (а) и гомологического ряда K((n + 1)/x) типа снежинка (б)

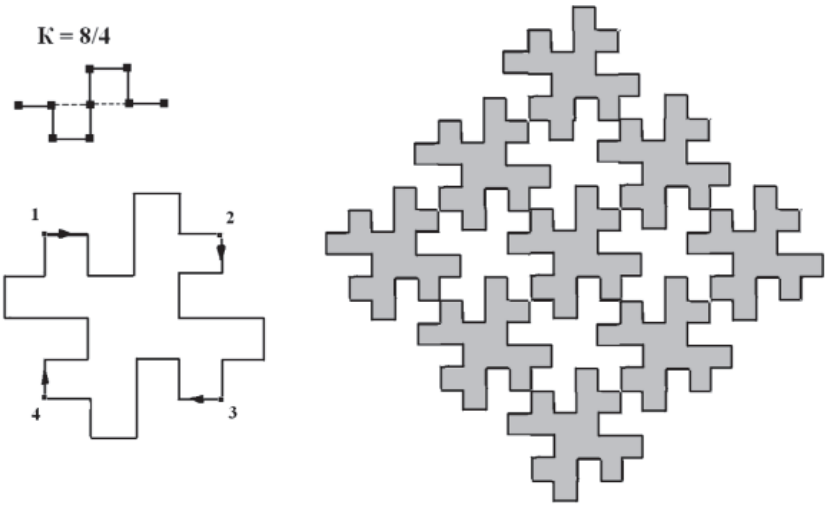


Рис. 2. Предфрактальные кривые 3-го поколения, полученные итерацией дерева K(4/3) на периметрах тригонных (1), тетрагонных (2) и гексагонных (3) ячеек сеток Кеплера (а). Предфракталы 3-го поколения, полученные двукратной итерацией снежинок K(3/x) на узлах сетки 333333 (1), итерацией снежинок K(4/x) на узлах сетки 4444 (2) и снежинок K(6/x) на узлах сетки 666 (3)

Полученные результаты анализа вероятных квазифрактальных конфигураций межфазных границ могут быть использованы, в частности, при оценке вклада их относительной площади на поверхности композиционных материалов и покрытий в эффект синергизма антифрикционных свойств функциональных компонентов композита при трении и износе в соответствии с синергической моделью «концентрационной волны» [8, 9]. В качестве аппроксимантов для гладких конфигураций межфазных границ и источников роста снежинок могут быть использованы плоские сетки Кеплера и Кеплера-Шубникова, а также соответствующие им системы упорядоченных узлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Falkoner K.J. Fractal geometry. Mathematical foundations and applications // J. Wiley and Sons. – 1995. – 288 p.

2. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.

3. Иванов В.В. Шабельская Н.П., Таланов В.М. Информация и структура в наномире: модулярный дизайн двумерных полигонных и полиэдрических наноструктур // Совр. наукоемкие технологии. – 2010. – №10. – С. 176–179.

4. Иванов В.В., Таланов В.М., Гусаров В.В. Информация и структура в наномире: модулярный дизайн двумерных наноструктур и фрактальных решеток. Наносистемы: Физика, Химия, Математика. – 2011. – Т.2. – № 3. – С. 121–134.

5. Иванов В.В., Демьян В.В., Таланов В.М. Информация и структура в наномире: модулярный дизайн фрактальных структур в двумерном пространстве // Междунар. журн. эксп. образования. – 2010. – №11. – С. 153–155.

6. Иванов В.В., Таланов В.М. Принципы модулярного строения регулярных фрактальных структур // Успехи современного естествознания. – 2012. – №3. – С. 56–57.

7. Иванов В.В., Демьян В.В., Таланов В.М. Эволюционная модель формирования и анализ детерминистических фрактальных структур // Успехи современного естествознания. – 2012. – №4. – С. 230–232.

8. Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2006. 112с.

9. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т., и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 132 с.

УДК 548.3:548.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАЗИФРАКТАЛЬНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ МЕТОДОМ ИТЕРАЦИИ МЕАНДРОВ НА 2D-СЕТКАХ

Иванов В.В., Таланов В.М.

Южно-Российский государственный технический университет, Новочеркасск, e-mail: valtalanov@mail.ru, valivanov11@mail.ru

Обсуждены методика и некоторые результаты моделирования вероятных конфигураций межфазных границ на поверхности композиционных материалов, полученные методом итерации видоизмененных кривых Коха (меандров) на определенных сетках Кеплера или Кеплера-Шубникова.

Ключевые слова: итерационное моделирование, генератор, меандр, сетки Кеплера, сетки Кеплера-Шубникова, квазифрактальные кривые, лакунарные спектры

MODELING OF QUASI-FRACTAL CONFIGURATIONS OF THE INTERPHASE BORDERS BY ITERATION METHOD OF MEANDERS ON 2D NETS

Ivanov V.V., Talanov V.M.

South-Russian state Engineering University, , e-mail: valtalanov@mail.ru, valivanov11@mail.ru

The method and some modeling results of the possible configurations of inter-phase borders onto surface of a compositional materials received by iteration of modified Cokh's curvers (meanders) as a generators on the definite Kepler's and Kepler-Shubnikov's nets were discussed.

Keywords: iteration modeling, generator, meander, Kepler's nets, Kepler-Shubnikov's nets, quasi-fractal curves, lacunar spectrum

Для моделирования вероятных конфигураций межфазных границ на поверхности композиционных материалов может быть использован метод итерации видоизмененных кривых Коха (меандров) на определенных сетках Кеплера, которые включают в себя тетрагоны {4} (т.е. квадраты) в виде тел (например, сетки Кеплера 4444, 488, 46.12 или сетка Кеплера-Шубникова 4□4□) [1]. В этом случае генерируется информация о вероятном квазифрактальном характере межфазных границ и их относительной поверхностной концентрации в виде характеристик предфракталов на совокупности простых геометрических 2D-фигур, которые можно рассматривать в качестве сечений 3D-многогранников – простейших аппроксимантов формы микрочастиц фаз [2]. Ранее были опубликованы методики вывода фрактальных структур в 2D-пространстве [3, 4] и мультифрактальных множеств кривых на периметрах 2D-сеток [5, 6].

Прямоугольный генератор-меандр $K(8/4)$ является первым членом двух гомологических рядов меандров вида $K((6n + 2)/(2n + 2))$ и $K((10n – 2)/(2n + 2))$, где $n = 1,2,3…\infty$ (рис. 1).

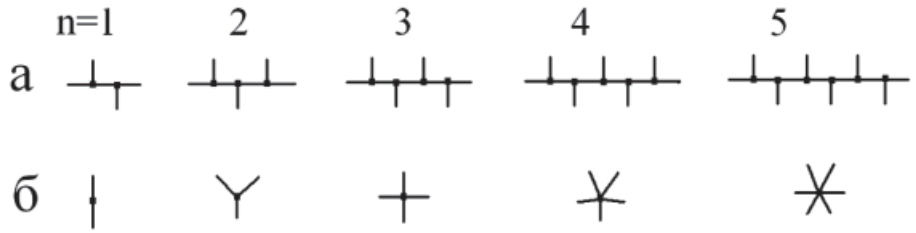


Рис. 1. Изображения первых четырех членов гомологических рядов меандров K((6n + 2)/(2n + 2)) и K((10n-2)/(2n + 2)) (б)

При многократном действии генераторов $K((6n + 2)/(2n + 2))$ на периметр ячейки квадратной сетки Кеплера-Шубникова 4□4□ (где символ □ означает лакуну) с топологией тетрагонов 4(2) из {4}-тел и {4}-лакун формируются упорядоченные в 2D пространстве одинаковые симметричные фигуры в соотношении 1:1 и с топологией связности с эквивалентными фигурами 4(2) (рис. 2).

На квадратной сетке Кеплера 4444 формируется упорядоченное множество предфрактальных кривых, которые обертывают одинаковым образом ориентированные и идентичные по симметрии фигуры (рис. 2). По мере увеличения поряд-

кового номера гомолога закономерно увеличивается число вершин упорядоченных на сетке псевдоквадратных снежинок Коха. С каждым *i*-м поколением длина L_i замкнутой фрактальной кривой в ряду

$$K((6n + 2)/(2n + 2))$$

возрастает по закону

$$L_i = (3n + 1)L_{i-1}/(n + 1)$$

(где n – порядковый номер члена ряда), а размерность ее

$$D = \ln(6n + 2)/\ln(2n + 2)$$

при $n \to \infty$ закономерно уменьшается от 1,500 до 1,001.

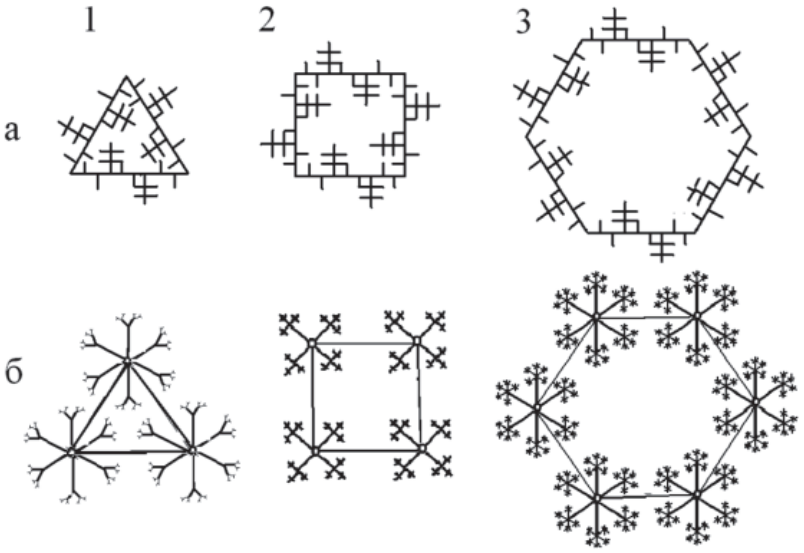


Рис. 2. Изображения прямоугольного генератора K(8/4), схемы его действия внутри 4-лакуны сетки Кеплера-Шубникова 4□4□ и фрагмента лакунарного предфрактала 2-го поколения

При многократном действии генераторов $K((10n – 2)/(2n + 2))$ на периметр ячейки квадратной сетки Кеплера-Шубникова 4□4□ с топологией тетрагонов не выше 4(2) из {4}-тел и {4}-лакун также формируются упорядоченные в 2D-пространстве одинаковые симметричные фигуры в соотношении 1:1. На квадратной сетке Кеплера 4444 формируется упорядоченное множество предфрактальных кривых, которые обертывают одинаковые по конфигурации, ориентации и симметрии фигуры. В гомологическом ряду генераторов

$$K((10n – 2)/(2n + 2))$$

закономерно увеличивается число вершин псевдоквадратных снежинок Коха, а с каждым *i*-м поколением длина замкнутой фрактальной кривой возрастает по закону

$$L_i = (5n – 1)L_{i-1}/(n + 1).$$

Фрактальная размерность кривой

$$D = \ln(10n – 2)/\ln(2n + 2)$$

принимает максимальное значение 1,613 при $n = 2$, а затем при $n \to \infty$ закономерно уменьшается также до значения 1,001.

Полученные результаты моделирования вероятных конфигураций межфазных границ могут быть использованы при определении параметров синергической модели «концентрационной волны» [7] для расчета трибологических свойств поверхности композиционных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова Н.Л. О сетках Кеплера-Шубникова // Кристаллография. – 2009. Т.54. – №5. – С. 789–794.

2. Лорд Э.Э., Маккей А.Л., Ранганатан С. Новая геометрия для новых материалов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 264 с.

3. Иванов В.В., Демьян В.В., Таланов В.М. Информация и структура в наномире: модулярный дизайн фрактальных структур в двумерном пространстве // Междунар. журн. эксп. образования. – 2010. – №11. – С. 153–155.

4. Иванов В.В., Таланов В.М., Гусаров В.В. Информация и структура в наномире: модулярный дизайн двумерных наноструктур и фрактальных решеток // Наносистемы: Физика, Химия, Математика. – 2011. – Т.2. – № 3. – С. 121–134.

5. Иванов В.В., Таланов В.М. Формирование мультифрактальных множеств замкнутых кривых, упорядоченных в двумерном пространстве на сетках Кеплера-Шубникова // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – №2. – С. 76–78.

6. Иванов В.В., Щербаков И.Н., Таланов В.М. Формирование множеств замкнутых фрактальных кривых, упорядоченных в двумерном пространстве на сетках Кеплера // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – №1. – С. 54–55.

7. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т., и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. техн. науки», 2011. – 132 с.

УДК 519.852.55

ТЕОРЕМА О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ГАЗА В ЗАМКНУТОЙ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕТРИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ И РЕВЕРСИВНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ

Снежин А.Н., Петров С.В.

ООО «Газпром развитие», Москва, e-mail: A.Snezhin@gpr.gazprom.ru, S.Petrov@gpr.gazprom.ru

Наиболее актуальной и сложной проблемой, стоящей перед потоковыми комплексами, является задача о распределении потоков. При вводе ограничений пропускной способности и управляющих воздействий эта задача по определению становиться задачей управления потоками, включающая в себя сразу несколько типов потоковых задач – транспортные задачи, задачи определения существования потока, задачи о поиске обобщенного потока и пр. В статье «Алгоритм управления распределением потоков газа в замкнутой газотранспортной системе» была представлена оригинальная математическая модель и реализующий ее метод расчета оптимального распределения потоков газа в сложной замкнутой системе газопроводов без учета значений ГИС. Также в ней была представлена полученная в ходе разработки метода теорема о решении на реверсивных дугах. В настоящей статье приводится доказательство выдвинутой теоремы и разбирается решение задачи управления распределением потока газа с реверсивными дугами и с учетом значений ГИС.

Ключевые слова: математическая модель; теорема; доказательство; распределение потоков газа; реверсивный газопровод; газо-измерительная станция (ГИС); газотранспортная система (ГТС); товарно-транспортная работа (ТТР)

THE THEOREM ON MANAGING OF GAS FLOWS IN CLOSED THE GAS-TRANSPORT SYSTEM WITH ADDITIONAL METRIC CONDITIONS AND REVERSIBLE PIPELINES

Snezhin A.N., Petrov S.V.

Company «Gazprom development», Moscow, e-mail: A.Snezhin@gpr.gazprom.ru, S.Petrov@gpr.gazprom.ru

The most actual and daunting problem facing computer complexes, decisive streaming tasks, is a task on the distribution of flows. After input of restrictions throughput and control actions this task by definition to becomes task of flows control, which includes several types of streaming tasks – transport tasks, the task of determining the existence of flow, the tasks of the search for a generalized flow, etc. In the article «Algorithm for optimal distribution of gas flows in closed the gas-transport system» was submitted by the original mathematical model and realizing her method for calculating the optimal allocation of gas flows in difficult close system of gas pipelines with out taking into account values GMS. In it also has been presented the theorem about the decision on a reversible arcs received during the development of a method. In present article a proof of the put forward theorem and the detailed solution of the task managing distribution of gas flows with reversible arcs and taking into account values of GMS.

Keywords: mathematical model; theorem; proof; the distribution of gas flows; reversible gas pipeline; Gas measuring station (GMS); Gas-transport system (GTS; technically possible productivity (TPP)

Наиболее актуальной и сложной проблемой, стоящей перед потоковыми комплексами является задача о распределении потоков. При вводе ограничений пропускной способности и управляющих воздействий эта задача по определению [1, 4] становиться задачей управления потоками, включающая в себя сразу несколько типов потоковых задач – транспортные задачи, задачи определения существования потока, задачи о поиске обобщенного потока и пр. В ходе поиска решения одной из таких задач – задачи распределения потоков газа в сложной системе газопроводов с учетом пропускной способности и управляющих воздействий, был разработан новый оригинальный метод решения задачи управления потоками, позволяющий находить решение с учетом условий, возникающих в реально действующих потоковых системах. В статье «Алгоритм управления распределением потоков газа в замкнутой газотранспортной системе»была представлена оригинальная математическая модель и реализующий ее метод расчета оптимального распределения потоков газа в сложной замкнутой системе газопроводов без учета значений ГИС. Также в ней была представлена полученная в ходе разработки метода теорема о решении на реверсивных дугах. В настоящей статье приводится доказательство выдвинутой теоремы и разбирается решение задачи управления распределением потока газа с реверсивными дугами и с учетом значений ГИС.

Основные определения и доказательство теоремы

Напомним постановку задачи для газотранспортной системы без реверсивных дуг. Пусть символ ij обозначает дугу с началом i и концом j. Обозначим через x_{ij} переменную величину газового потока в начале дуги ij. По определению для нереверсивной дуги величина x_{ij} всегда неотрицательна. Это значит, что газ течёт по дуге из начала

i в конец j. Пусть g_{ij} есть поступление/распределение на дуге ij. Причём, для величины g_{ij} – используем знак « + », если на дуге поступление – приток, и знак «–», если на дуге распределение – отток. Будем считать, что поступление/распределение происходит на середине дуги. Это предположение является важным для описанного метода решения задачи. С учётом сделанных обозначений поток с середины до конца дуги равен $x_{ij} + g_{ij}$. Пусть c_{ij} – это длина газопровода, который соединяет вершину i с вершиной j. Тогда целевая функция, которая является по сути ТТР, будет иметь следующий вид:

$$\sum_{ij} c_{ij} x_{ij}. \qquad (1)$$

Здесь и в дальнейшем берутся только те индексы i и j, для которых существуют дуги.

В постановку задачи линейного программирования также входит условие баланса в узлах:

$$\sum_i x_{ij} - \sum_k x_{jk} = f_j - \sum_i g_{ij}. \qquad (2)$$

где j номер узла газотранспортной системы; f_j – поступление/распределение в узле j (« + » отток, «–» приток)и условие положительности знака потока на дуге в случае отсутствия реверсивных дуг:

$$x_{ij} \geq 0. \qquad (3)$$

Сформулируем основной результат, доказательство которого будет приведено ниже:

Теорема. Решение, полученное при условии, что разрешается дополнительно хотя бы одна реверсивная дуга, заведомо даёт результат подсчета ТТР не хуже, чем при отсутствии разрешения на реверс этой дуги, либо позволяет решить задачу, у которой не было решения, при изначально заданных условиях.

Замечание: Предполагаем далее, что имеется хотя бы 1 дуга, следовательно, не менее 2 узлов.

Доказательство теоремы разобьём на несколько утверждений и лемму.

Лемма. Пусть имеется две задачи линейного программирования в стандартной форме (см. [2]) у которых различаются только целевые функции. Первая целевая функция имеет вид:

$$\sum_l c_l x_l, \qquad (4)$$

вторая имеет вид:

$$\sum_l c_l x_l + v, \qquad (5)$$

где v есть произвольная действительная константа. Тогда решение $\overline{x}^{(1)}$ первой задачи, на котором достигается min линейной формы (4) является решением второй задачи и на нем целевая функция (5) также достигаем min.

Доказательство. Если $\overline{x}^1$ оптимальное решение первой задачи, тогда оно удовлетворяет всем условиям и ограничениям и верно равенство:

$$\sum_l c_l x_l = \min_1. \qquad (6)$$

Это значит, что для любого допустимого решения x' имеем:

$$\sum_l c_l x'_l \geq \sum_l c_l x_l^{(1)}. \qquad (7)$$

Пусть $\overline{x}^2$ есть решение второй задачи, тогда

$$\sum_l c_l x_l^{(2)} + v = \min_2 \qquad (8)$$

следовательно,

$$\sum_l c_l x_l^{(1)} + v \geq \sum_l c_l x_l^{(2)} + v$$

по определению минимума для второй задачи. Отсюда получаем, что

$$\sum_l c_l x_l^{(1)} \geq \sum_l c_l x_l^{(2)}.$$

С другой стороны из формулы (7) следует, что

$$\sum_l c_l x_l^{(1)} \leq \sum_l c_l x_l^{(2)}.$$

Учитывая эти два неравенства, получаем:

$$\sum_l c_l x_l^{(1)} = \sum_l c_l x_l^{(2)}.$$

Поэтому

$$\sum_l c_l x_l^{(1)} + v = \sum_l c_l x_l^{(2)} + v = \min_2.$$

Т.е. $\overline{x}^{(1)}$ является решением второй задачи. Доказательство леммы завершено.

Формула (1) фактически означает, что при подсчёте ТТР поток не меняется при прохождении по дуге. Запишем новую целевую функцию, с учётом того, что дойдя до середины дуги, величина потока меняется.

$$\sum_{ij} \left[\frac{c_{ij}}{2} x_{ij} + \frac{c_{ij}}{2} \left(x_{ij} + g_{ij} \right) \right]. \qquad (9)$$

Утверждение 1. При одинаковом векторе ограничений, матрице коэффициентов задачи линейного программирования и фиксированных поступлений/распределений на дугах g_{ij}, если найден min линейной формы (1), то на нем линейная форма (9) принимает минимальное значение.

Доказательство. Преобразуем формулу (9)

$$\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}x_{ij}+\frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij}+g_{ij}\right)\right]=\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}x_{ij}+\frac{c_{ij}}{2}x_{ij}+\frac{c_{ij}}{2}g_{ij}\right]=\sum_{ij}\left[c_{ij}x_{ij}+\frac{c_{ij}}{2}g_{ij}\right]=$$
$$=\sum_{ij}c_{ij}x_{ij}+\frac{1}{2}\sum_{ij}c_{ij}g_{ij}=\sum_{ij}c_{ij}x_{ij}+v, \qquad (10)$$

где $v=\frac{1}{2}\sum_{ij}c_{ij}g_{ij}$ – есть константа. Условие Леммы выполняется, что завершает доказательство утверждения 1.

Пусть дуга ij объявлена реверсивной. Добавим (в центре дуги) новую вершину с новым номером $k = k(ij)$. С учетом введенной точки дугу ij заменим на 4 новые дуги ik, kj, ki, jk. Будем считать, что поступление или распределение газа g_{ij} на дуге ij переходит в поступление или распределение газа f_k в узле $k = k(ij)$, то есть

$$f_k \overset{def}{=} f_{k(ij)} = -g_{ij}.$$

Определим новые переменные, которые могут принимать любые действительные значения $y_{ij}^{\text{н}} \overset{def}{=} x_{ik} - x_{ki}$ и $y_{ij}^{\text{к}} \overset{def}{=} x_{kj} - x_{jk}$. Значение переменной $y_{ij}^{\text{н}}$ – поток на первой половине дуги ij, значение переменной $y_{ij}^{\text{к}}$ – поток на второй половине дуги ij. Учитывая знаки переменных $y_{ij}^{\text{к}}$, $y_{ij}^{\text{н}}$, получаем 4 варианта потока газа на реверсивной дуге (рис. 1).

Для нереверсивных дуг $y_{ij}^{\text{н}} \overset{def}{=} x_{ij}$ и $y_{ij}^{\text{к}} \overset{def}{=} x_{ij} + g_{ij}$.. Длины новых 4 дуг положим 1/2 старой:

$$c_{ik} = c_{kj} = c_{jk} = c_{ki} \overset{def}{=} \frac{c_{ij}}{2}.$$

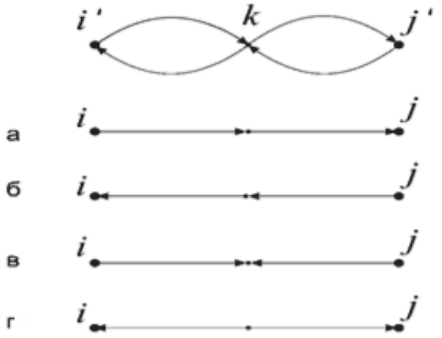


Рис. 1. Возможные направления потоков газа на реверсивной дуге (на рисунке i – началогазопровода, j – конец газопровода): а – поток идет от начала к концу; б – поток идет от конца к началу (реверс); в – встречный поток (реверс на конце); г – разнонаправленный поток (реверс на начале – газопровод становиться донором за счет запаса газа)

Для целевой функции ТТР в случае отрицательных значений на «половинках» дуг формула расчёта включает модули величин, так как ТТР не зависит от направления течения потока:

$$\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}\left|y_{ij}^{\text{н}}\right|+\frac{c_{ij}}{2}\left|y_{ij}^{\text{к}}\right|\right]. \qquad (11)$$

Обозначим через i_0j_0 реверсивную дугу, тогда учитывая, что $x_{ij} \geq 0$, $x_{ij} + g_{ij} \geq 0$ и свойство $|a - b| \leq |a + b|$, если $a, b \geq 0$, имеем оценку:

$$\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}\left|y_{ij}^{\text{н}}\right|+\frac{c_{ij}}{2}\left|y_{ij}^{\text{к}}\right|\right]=\sum_{ij/i_0j}\frac{c_{ij}}{2}\left(\left|x_{ij}\right|+\left|x_{ij}+g_{ij}\right|\right)+c_{i_0k}\left|x_{i_0k}-x_{ki_0}\right|+c_{kj_0}\left|x_{kj_0}-x_{j_0k}\right|\leq$$
$$\leq\sum_{ij/i_0j_0}\frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij}+x_{ij}+g_{ij}\right)+\frac{c_{i_0j_0}}{2}\left(x_{i_0k}+x_{ki_0}+x_{kj_0}+x_{j_0k}\right)= \qquad (12)$$
$$=\sum_{ij/i_0j_0}\frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij}+x_{ij}+g_{ij}\right)+c_{i_0k}x_{i_0k}+c_{ki_0}x_{ki_0}+c_{kj_0}x_{kj_0}+c_{j_0k}x_{j_0k}.$$

Для дальнейшего рассмотрения будем предполагать, что решение задачи без реверсивных дуг существует. Обозначим его $\overline{x_m}$, а значение целевой функции на нем через min.

Утверждение 2. Для задачи с объявленной реверсивной дугой i_0j_0 существует поток $\overline{x^{(/)}}$, на котором целевая функция задачи с реверсом равна min целевой функции задачи без реверса.

Доказательство. По построению имеем:

$$g_{i_0k} = g_{ki_0} = g_{kj_0} = g_{j_0k} = 0, \qquad (13)$$

поскольку все поступления и распределения перенесены на центр дуги. На нереверсивных дугах оставим старые значения потока x_m. На новых дугах, полученных в результате добавления реверса, зададим следующие значения потока газа:

$$x_{i_0k} \overset{def}{=} x_{i_0j_0};\quad x_{kj_0} \overset{def}{=} x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0};$$
$$x_{ki_0} \overset{def}{=} 0;\quad x_{j_0k} \overset{def}{=} 0. \qquad (14)$$

Подставим эти значения в последнее равенство оценки (12):

$$\sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + c_{i_0k}x_{i_0k} + c_{ki_0}x_{ki_0} + c_{kj_0}x_{kj_0} + c_{j_0k}x_{j_0k} =$$
$$= \sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + c_{i_0k}x_{i_0j_0} + c_{ki_0}0 + c_{kj_0}\left(x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0}\right) + c_{j_0k}0 =$$
$$= \sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\begin{pmatrix} x_{ij} + \\ x_{ij} + g_{ij} \end{pmatrix} + c_{i_0k}x_{i_0j_0} + c_{kj_0}\left(x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0}\right) =$$
$$= \sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + \frac{c_{i_0j_0}}{2}x_{i_0j_0} + \frac{c_{i_0j_0}}{2}\left(x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0}\right) = \qquad (15)$$
$$= \sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + \frac{c_{i_0j_0}}{2}\left(x_{i_0j_0} + x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0}\right) =$$
$$= \sum_{ij} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right).$$

Используя условие (13) можно записать:

$$\sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + c_{i_0k}x_{i_0k} + c_{ki_0}x_{ki_0} + c_{kj_0}x_{kj_0} + c_{j_0k}x_{j_0k} =$$
$$= \sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + \frac{c_{i_0k}}{2}\left(x_{i_0k} + x_{i_0k} + g_{i_0k}\right) + \frac{c_{ki_0}}{2}\left(x_{ki_0} + x_{ki_0} + g_{ki_0}\right) + \qquad (16)$$
$$+ \frac{c_{kj_0}}{2}\left(x_{kj_0} + x_{kj_0} + g_{kj_0}\right) + \frac{c_{j_0k}}{2}\left(x_{j_0k} + x_{j_0k} + g_{j_0k}\right).$$

Учитывая (13)–(16) имеем:

$$\sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + \frac{c_{i_0k}}{2}\left(x_{i_0k} + x_{i_0k} + g_{i_0k}\right) + \frac{c_{ki_0}}{2}\left(x_{ki_0} + x_{ki_0} + g_{ki_0}\right) +$$
$$+ \frac{c_{kj_0}}{2}\left(x_{kj_0} + x_{kj_0} + g_{kj_0}\right) + \frac{c_{j_0k}}{2}\left(x_{j_0k} + x_{j_0k} + g_{j_0k}\right) = \sum_{ij} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right). \qquad (17)$$

Поэтому в задаче с реверсом есть поток, на котором достигается min задачи без реверса.

Утверждение 3. Для задачи с объявленной реверсивной дугой i_0j_0 построенный поток $\overline{x^{(/)}}$, есть допустимое решение новой задачи линейного программирования.

Доказательство. Рассмотрим, как меняется система уравнений баланса в узлах для задачи с добавленной реверсивной дугой.

Появляется новое уравнение условия баланса для узла с номером k:

$$x_{i_0k} + x_{j_0k} - x_{ki_0} - x_{kj_0} = f_k, \qquad (18)$$

где $k = k(i_0j_0)$, а $f_k = -g_{i_0j_0}$ (см. рис. 1). Учитывая условия (11) можно записать уравнение (18) в виде:

$$x_{i_0k} + x_{j_0k} - x_{ki_0} - x_{kj_0} = f_k - \left(g_{i_0k} + g_{j_0k}\right). \qquad (19)$$

Проверим, что поток с условиями (13)-(14) удовлетворяет уравнению (19). Для этого просто подставим заданные значения в обе части уравнения и получим равенство:

$$x_{i_0k} + x_{j_0k} - x_{ki_0} - x_{kj_0} = x_{i_0j_0} + 0 - 0 - \left(x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0}\right) =$$
$$= x_{i_0j_0} - x_{i_0j_0} - g_{i_0j_0} = -g_{i_0j_0} = f_k = f_k - \left(g_{i_0k} + g_{j_0k}\right). \qquad (20)$$

Уравнение условие баланса (2) в узле i_0 для нереверсивной дуги i_0j_0 имеет вид:

$$\sum_s x_{si_0} - \sum_l x_{i_0l} = f_{i_0} - \sum_s g_{si_0}. \quad (21)$$

При добавлении признака реверса уравнение (2) в узле i_0 приобретает вид:

$$\sum_s x_{si_0} + x_{ki_0} - \sum_{l,l\neq j_0} x_{i_0l} - x_{i_0k} = f_{i_0} - \sum_s g_{si_0} - g_{ki_0}. \quad (22)$$

Проверим, что поток с условиями (12)-(13) удовлетворяет уравнению (22). Подставим значения потока в обе части уравнения (22):

$$\sum_s x_{si_0} + x_{ki_0} - \sum_{l,l\neq j_0} x_{i_0l} - x_{i_0k} = \sum_s x_{si_0} + 0 - \sum_{l,l\neq j_0} x_{i_0l} - x_{i_0k} = \sum_s x_{si_0} - \sum_l x_{i_0l}. \quad (23)$$

$$f_{i_0} - \sum_s g_{si_0} - x_{ki_0} = f_{i_0} - \sum_s g_{si_0} - 0 = f_{i_0} - \sum_s g_{si_0}. \quad (24)$$

Учитывая равенства (21), (23), (24), получаем, что указанный поток удовлетворяет уравнению (22). Аналогично для конца дуги j_0 имеем уравнение баланса вида (2)

$$\sum_s x_{sj_0} - \sum_l x_{j_0l} - 0 = f_{i_0} - \sum_s g_{sj_0}. \quad (25)$$

При добавлении признака реверса уравнение (2) в узле j_0 приобретает вид:

$$\sum_{s,s\neq i_0} x_{sj_0} + x_{kj_0} - \sum_l x_{j_0l} - x_{j_0k} = f_{j_0} - \sum_{s,s\neq i_0} g_{sj_0} - g_{kj_0}. \quad (26)$$

Проверим, что поток с условиями (13)-(14) удовлетворяет уравнению (26). Действуя аналогично, получаем:

$$\sum_{s,s\neq i_0} x_{sj_0} + x_{kj_0} - \sum_l x_{j_0l} - x_{j_0k} = \sum_{s,s\neq i_0} x_{sj_0} + x_{i_0j_0} + g_{i_0j_0} - \sum_l x_{j_0l} - 0 = \sum_s x_{sj_0} + g_{i_0j_0} - \sum_l x_{j_0l} = f_{j0} - \sum_s g_{sj_0} + g_{i_0j_0}; \quad (27)$$

$$f_{j0} - \sum_{s,s\neq i_0} g_{sj_0} - g_{kj_0} = f_{j0} - \sum_{s,s\neq i_0} g_{sj_0} - 0 = f_{j0} - \sum_s g_{sj_0} + g_{i_0j_0}. \quad (28)$$

Учитывая равенства (25), (27), (28), получаем, что указанный поток удовлетворяет уравнению (26). Остальные условия (уравнения) выполняются автоматически, так как по построению данного решения оно удовлетворяет тем уравнениям, которые не менялись.

Объединив вместе Утверждения 2 и 3, получаем.

Утверждение 4. Для задачи с объявленной реверсивной дугой i_0j_0, построенный поток $\overline{x^{(/)}}$ есть допустимое решение новой задачи. Значение новой целевой функции на нем совпадает с min целевой функции задачи без реверса.

Обозначим новую целевую функцию для задачи с реверсивной дугой:

$$c^{(r)}(\overline{x}) \stackrel{def}{=} \sum_{ij/i_0j_0} \frac{c_{ij}}{2}\left(x_{ij} + x_{ij} + g_{ij}\right) + \frac{c_{ik}}{2}\left(x_{i_0k} + x_{i_0k} + g_{i_0k}\right) + \frac{c_{ki_0}}{2}\left(x_{ki_0} + x_{ki_0} + g_{ki_0}\right) + \frac{c_{kj_0}}{2}\left(x_{kj_0} + x_{kj_0} + g_{kj_0}\right) + \frac{c_{j_0k}}{2}\left(x_{j_0k} + x_{j_0k} + g_{j_0k}\right). \quad (29)$$

Оптимальное решение $\overline{x_m^{(r)}}$ задачи с реверсом, очевидно, удовлетворяет условию:

$$C^{(r)}\left(\overline{x_m^{(r)}}\right) \le C^{(r)}\left(\overline{x^{(/)}}\right). \quad (30)$$

Утверждение 5. Для любого решения $\overline{x^{(r)}}$ задачи с реверсом дуги i_0j_0 верно, что решение в новых переменных $y_{ij}^{н}$ и $y_{ij}^{к}$ является допустимым решением задачи, где поток на дуге i_0j_0 разделён на два с одним из направлений как на рис. 1 (а-г).

Доказательство. Проверим, что это верно для всех вершин, кроме i_0 и j_0. Для этого уравнения вида (2) преобразуем следующим образом:

$$\sum_i x_{ij} - \sum_k x_{jk} = f_j - \sum_i g_{ij};$$

$$\sum_i \left(x_{ij} + g_{ij}\right) - \sum_k x_{jk} = f_j; \quad (31)$$

$$\sum_i y_{ij}^{к} - \sum_k y_{ij}^{н} = f_j.$$

Проверим согласование потока в середине дуги i_0j_0. Это следует из преобразования равенства (18)

$$\begin{gathered} x_{i_0k}+x_{j_0k}-x_{ki_0}-x_{kj_0}=f_k; \\ \left(x_{i_0k}-x_k\right)-\left(x_{kj_0}-x_{j_0k}\right)=-g_{i_0j_0}; \\ y^{\text{н}}_{i_0j_0}-y^{\text{к}}_{i_0j_0}=-g_{i_0j_0}; \\ y^{\text{н}}_{i_0j_0}+g_{i_0j_0}=y^{\text{к}}_{i_0j_0}. \end{gathered} \tag{32}$$

Проверим согласование потока в вершине i_0. Для этого преобразуем уравнение (20)

$$\begin{gathered} \sum_s x_{si_0}+x_{ki_0}-\sum_{l,l\neq j_0} x_{i_0l}-x_{i_0k}=f_{i0}-\sum_s g_{si_0}-g_{ki_0}; \\ \sum_s x_{si_0}+\sum_s g_{si_0}+x_{ki_0}-\sum_{l,l\neq j_0} x_{i_0l}-x_{i_0k}=f_{i0}-0; \\ \sum_s \left(x_{si_0}+g_{si_0}\right)-\sum_{l,l\neq j_0} x_{i_0l}-\left(x_{i_0k}-x_{ki_0}\right)=f_{i0}; \\ \sum_s y^{\text{к}}_{si_0}-\sum_{l,l\neq j_0} y^{\text{н}}_{i_0l}-y^{\text{н}}_{i_0j_0}=f_{i0}; \\ \sum_s y^{\text{к}}_{si_0}-\sum_l y^{\text{н}}_{i_0l}=f_{i0}. \end{gathered} \tag{33}$$

Осталось проверить согласование потока в вершине j_0. Аналогичным образом преобразуем уравнение (26)

$$\begin{gathered} \sum_{s,s\neq i_0} x_{sj_0}+x_{kj_0}-\sum_l x_{j_0l}-x_{j_0k}=f_{j0}-\sum_{s,s\neq i_0} g_{sj_0}-g_{kj_0}; \\ \sum_{s,s\neq i_0} x_{sj_0}+\sum_{s,s\neq i_0} g_{sj_0}+x_{kj_0}-x_{j_0k}-\sum_l x_{j_0l}=f_{j0}-0; \\ \sum_{s,s\neq i_0} \left(x_{sj_0}+g_{sj_0}\right)+\left(x_{kj_0}-x_{j_0k}\right)-\sum_l x_{j_0l}--=f_{j0}; \\ \sum_{s,s\neq i_0} y^{\text{к}}_{sj_0}+y^{\text{к}}_{i_0j_0}-\sum_l y^{\text{н}}_{j_0l}--=f_{j0}; \\ \sum_s y^{\text{к}}_{sj_0}-\sum_l y^{\text{н}}_{j_0l}=f_{j0}. \end{gathered} \tag{34}$$

Равенства (31)–(34) показывают, что поток, выраженный в новых переменных $y^{\text{н}}_{ij}$ и $y^{\text{к}}_{ij}$, удовлетворяет всем требуемым условиям.

Доказательство Теоремы. Рассмотрим Случай 1, когда решение задачи (1–3) без реверсивных дуг существует, обозначим это решение символом $\overline{x_m}$, а значение целевой функции на этом решении через MIN. Пусть дуге i_0j_0 присвоен признак реверса. Согласно Утверждению 4 существует поток $\overline{x^{(/)}}$ – допустимое решение задачи с реверсом. Значение новой целевой функции на этом потоке совпадает с MIN целевой функции задачи без реверса:

$$C^{(r)}\left(\overline{x^{(/)}}\right)=\text{MIN}.$$

У задачи с реверсом есть оптимальное решение $\overline{x^{(r)}_m}$, для которого выполнено неравенство (30) $C^{(r)}\left(\overline{x^{(r)}_m}\right)\le C^{(r)}\left(\overline{x^{(/)}}\right)$. Следовательно, получаем:

$$C^{(r)}\left(\overline{x^{(r)}_m}\right)\le \text{MIN}. \tag{35}$$

Для задачи с реверсом в новых переменных $y^{\text{н}}_{ij}$, $y^{\text{к}}_{ij}$ в целевую функцию (11) входят модули величин потоков:

$$\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}\left|y^{\text{н}}_{ij}\right|+\frac{c_{ij}}{2}\left|y^{\text{к}}_{ij}\right|\right].$$

Комбинируя вместе неравенство (12), (16), (29), получаем, что:

$$\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}\left|\widetilde{y^{\text{н}}_{ij}}\right|+\frac{c_{ij}}{2}\left|\widetilde{y^{\text{к}}_{ij}}\right|\right]\le C^{(r)}\left(\overline{x^{(r)}_m}\right), \tag{36}$$

где величины $\widetilde{y_{ij}^{н}}$, $\widetilde{y_{ij}^{к}}$ вычислены по решению $x_m^{(r)}$. Из неравенств (36) и (37) так же очевидно следует, что:

$$\sum_{ij}\left[\frac{c_{ij}}{2}\left|\widetilde{y_{ij}^{н}}\right|+\frac{c_{ij}}{2}\left|\widetilde{y_{ij}^{к}}\right|\right]\le \text{MIN}. \qquad (37)$$

То есть новое решение не хуже решения без реверса. Кроме того, согласно Утверждению 5 решение $\widetilde{y_{ij}^{н}}$, $\widetilde{y_{ij}^{к}}$ является допустимым решением задачи, где поток на дуге i_0j_0 разделён на два. Таким образом, все ограничения соблюдены, и Теорема 1 доказана для первого случая при добавлении реверса на 1 дугу. Случай 2, когда изначальная задача не имела решения, а после добавления реверса на дугу решение появилось, показан на рис. 2, где приведен один из возможных вариантов данного случая.

Если по условию задачи признак реверса получают несколько дуг, то проводя аналогичные рассуждения можно доказать все утверждения, где в формулировке будут несколько дуг с реверсом. Если дуги с реверсом не имеют общих вершин, то добавляются новые уравнения и доказательства проводятся по той же схеме.

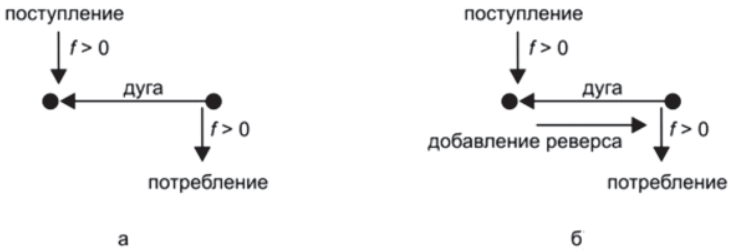


Рис. 2. Пример решение задачи с введением условия реверса дуги: а – дуга не реверсивная – решения нет; б – введение реверса дуги дает решение задачи

Пусть также есть реверсивные дуги i_0v_0 и v_0t_0 с общей вершиной v_0. Обозначим через $k_1 = k_1(v_0t_0)$ середину дуги i_0v_0 и через $k_2 = k_2(v_0t_0)$ середину дуги v_0t_0. Покажем для этого случая схему доказательства на примере Утверждения 5. Уравнение баланса (2) в узле v_0 для случая без реверса

$$\sum_s x_{sv_0}-\sum_l x_{v_0l}=f_{v0}-\sum_s g_{sv_0}. \qquad (38)$$

При добавлении признаков реверса уравнение (2) в узле v_0 приобретает вид:

$$\begin{gathered}\sum_{s,s\ne i_0}x_{sv_0}+x_{k_1v_0}+x_{k_2v_0}-\sum_{l,l\ne i_0}x_{v_0l}-x_{v_0k_2}-x_{v_0k_1}=\\ =f_{v0}-\sum_s g_{s,s\ne i_0v_0}-g_{k_1v_0}-g_{k_2v_0}.\end{gathered} \qquad (39)$$

Проверим согласование потока в узле v_0, преобразуя равенство (39)

$$\begin{gathered}\sum_{s,s\ne i_0}x_{sv_0}+\sum_{s,s\ne i_0}g_{sv_0}+x_{k_1v_0}-x_{v_0k_1}-\sum_{l,l\ne i_0}x_{v_0l}+x_{k_2v_0}-x_{v_0k_2}=\\ =f_{v0}-0-0;\\ \sum_{s,s\ne i_0}\left(x_{sv_0}+g_{sv_0}\right)+\left(x_{k_1v_0}-x_{v_0k_1}\right)-\sum_{l,l\ne i_0}x_{v_0l}-\left(x_{v_0k_2}-x_{k_2v_0}\right)=f_{v0};\\ \sum_{s,s\ne i_0}y_{sv_0}^{к}+y_{i_0v_0}^{к}-\sum_{l,l\ne i_0}y_{v_0l}^{н}-y_{v_0j_0}^{н}=f_{v0};\\ \sum_s y_{sv_0}^{к}-\sum_l y_{v_0l}^{н}=f_{v0}.\end{gathered} \qquad (40)$$

Теорема доказана.

Осталось заметить, что если в узле сходятся несколько (больше 2) реверсивных дуг, то записывая условие баланса в этом узле и аналогично группируя члены уравнений или неравенств, получаем требуемые утверждения во всех возможных случаях.

Описание метода подключения ГИС для газотранспортной системы

Рассмотрим, для начала, газотранспортную систему без реверсивных дуг. Пусть на некоторых дугах имеются газо-измерительные станции – ГИС. В результате проведения замеров на дугах могут быть либо

точные данные потока газа, либо значение в диапазоне. Задача: найти оптимальное по заданному критерию распределение газа с учетом новых условий замеров на ГИС. Определим вектор $\{gmsT_{ij}\}$, который для некоторых дуг, где есть ГИС, равен 1, а остальные координаты равны 0. Идея решения в том, что ставятся ограничения на значения переменных, которые моделируют поток. Рассмотрим два случая.

Случай А. Значение потока на дуге имеет постоянное (не отрицательное) значение, обозначается gms_{ij}. В виде формул это можно записать так:

$$x_{ij} = + gms_{ij}. \quad (41)$$

Используя описанное выше соответствие индексов T, имеем

$$\text{T: } gms_{ij} = gms_{T(ij)} \to gms_l;$$
$$\text{T: } gmsT_{ij} = gmsT_{T(ij)} \to gmsT_l. \quad (42)$$

Поэтому условие на ГИС можно задать так:

$$x_{l_i} = gms_{l_i}, \quad (43)$$

где l_i есть некоторое подмножество множества номеров дуг.

Пусть число дуг с ГИС равно Z. Тогда $i = 1, 2, ..., Z$. И вектор длины n:

$$\overline{gmsT} = (1, ...,1,...0,1, ...)^{tr}, \quad (44)$$

где единицы стоят на местах с номерами l_i, и n – число дуг.

Равенства для нашего метода следует заменить на два неравенства:

$$x_{l_i} \le gms_{l_i}, \quad -x_{l_i} \le -gms_{l_i}. \quad (45)$$

По условию задачи ГИС могут быть в начале или в конце дуги. Вектор GIE_l обозначает, где находится ГИС: в начале дуги – координата равна 0 или в конце дуги – координата равна 1. Математически это можно записать так:

1) ГИС в начале дуги: $x_{l_i} = gms_{l_i}$,

2) ГИС в конце дуги: $x_{l_i} + g_{l_i} = gms_{l_i}$.

Тогда

1) $x_{l_i} \le gms_{l_i}$, $-x_{l_i} \le -gms_{l_i}$.

2) $x_{l_i} \le -g_{l_i} + gms_{l_i}$, $-x_{l_i} \le g_{l_i} - gms_{l_i}$.

В матричном виде:

$$D_{l_i} x \le \overline{GMS}_{l_i}^{b} \text{ или } D_{l_i} x \le \overline{GMS}_{l_i}^{e}. \quad (46)$$

где $D_{l_i} = \begin{pmatrix} 0 & ... & +1 & ... & 0 \\ 0 & ... & -1 & ... & 0 \end{pmatrix}$ – матрица размера $2 \times n$ и l_i столбец не нулевой,

$$\overline{x} = (x_1, x_2, ..., x_n)^{tr};$$

или

$$\overline{GMS}_{l_i}^{e} \left(-g_{ij} + gms_{l_i}, g_{ij} - gms_{l_i}\right)^{tr}.$$

Обозначим через D_{gms} матрицу размера $(2 \cdot Z) \times n$ вида

$$\begin{pmatrix} D_{l_1} \\ ... \\ D_{l_Z} \end{pmatrix},$$

а через $\overline{GMS}$ – обозначим вектор

$$\left(\left(\overline{GMS}_{l_1}^{y}\right)^{tr} ... \left(\overline{GMS}_{l_Z}^{y}\right)^{tr}\right)^{tr},$$

где $y \in \{b, e\}$.

Случай В. Значение (положительное) потока на дуге задаётся значением и диапазоном, обозначается Dev_{ij}. В виде формул это можно записать так:

$$0 \le + gms_{ij} - Dev_{ij} \cdot gms_{ij} \le x_{ij} \le + gms_{ij} + Dev_{ij} \cdot gms_{ij}. \quad (47)$$

В этом случае задано, что $0 \le Dev_{ij} \le 1$.

Используя описанное выше соответствие индексов T, имеем

$$T\text{: } Dev_{ij} = Dev_{Tij} \to Dev_l. \quad (48)$$

Поэтому условие на ГИС можно задать следующим образом:

$$gms_{l_i} - Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i} \le x_{l_i}.$$

$$x_{l_i} \le gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}; \quad (49)$$

Для нашего метода неравенства:

$$gms_{l_i} - Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i} \le x_{l_i}.$$

$$-x_{l_i} \le -gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}. \quad (50)$$

3) ГИС в начале дуги:

$$0 \le +gms_{l_i} - Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i} \le x_{l_i} \le +gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i};$$

4) ГИС в конце дуги:

$$0 \le -g_{l_i} + gms_{l_i} - Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i} \le x_{l_i} \le -g_{l_i} + gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}.$$

Тогда

3) $+x_{l_i} \le +gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}$;

$-x_{l_i} \le -gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}$;

4) $+x_{l_i} \le -g_{l_i} + gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}$;

$-x_{l_i} \le +g_{l_i} - gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}$.

В матричном виде получаем:

$$D_{l_i} x \le GGMS^{b}_{l_i} \text{ или } D_{l_i} x \le GGMS^{e}_{l_i}, \quad (51)$$

где

$$\overline{GGMS^{b}_{l_i}} = \left(gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}, -gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}\right)^{tr}$$

или

$$\overline{GGMS^{e}_{l_i}} = \left(-g_{l_i} + gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i},\ g_{l_i} - gms_{l_i} + Dev_{l_i} \cdot gms_{l_i}\right)^{tr}.$$

Обозначим через D_{ggms} матрицу размера $(2 \cdot Z) \times n$ вида:

$$\begin{pmatrix} D_{l_1} \\ \vdots \\ D_{l_Z} \end{pmatrix},$$

а через $\overline{GGMS}$ – обозначим вектор

$$\left(\left(\overline{GGMS^{y}_{l_1}}\right)^{tr} \ldots \left(\overline{GGMS^{y}_{l_Z}}\right)^{tr}\right)^{tr},$$

где $y \in \{b, e\}$.

Теперь можно поставить задачу линейного программирования, которая учитывает метрические характеристики потока, задавая матрицу

$$A''' = \begin{pmatrix} A \\ A' \\ -E \\ E \\ D_{gms} \end{pmatrix},$$

вектор

$$b''' = \begin{pmatrix} b \\ b' \\ g \\ q \\ GGMS \end{pmatrix}$$

и вектор линейной формы $c'''' = c'''$.

Перейдем к рассмотрению случая с реверсивными дугами. Нам придётся учитывать знак потока дуги. Знак « + » означает, что поток течёт из начала в конец, знак «–» поток течёт из конца в начало. Также будем учитывать ГИС в начале или конце. Суть метода – поставить ограничения на новые дуги, чтобы потоки на дуге с реверсом совпадали с потоком на новых дугах, то есть моделируется поток на реверсивной дуге.

Случай А. Знак потока « + ». Поток совпадает с начальным направлением. Пусть l принимает значения номеров всех дуг.

Если дуга в старой нумерации не реверсивная, тогда используя «старую» матрицу шифратор найдем двойной номер $ij = ij(l)$ и в «новой» матрице смежности в ячейке с номером ij берём значение r. После этого присваиваем $gmsT'_r = gmsT_l$; $GIE'_r = GIE_l$; $gms'_r = gms_l$. В итоге перебираем $n - M$ «старых» дуг, и $n - M$ новых дуг.

Если дуга в старой нумерации суть реверсивная, тогда используя двойной номер $ij = ij(l)$ по матрице «биекции» находим номер $k = k(ij)$ фиктивной вершины.

Случай А. 1. ГИС в начале дуги.

В «новой» матрице смежности из ячеек с номерами ik, kj, jk, ki берём последовательно значения и присваиваем

$$gms'_{r(ik)} = gms_l;\ \ gms'_{r(kj)} = 0;$$

$$gms'_{r(ki)} = 0;\ \ gms'_{r(jk)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\ \ GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\ \ GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 1;\ \ gmsT'_{r(kj)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 1;\ \ gmsT'_{r(jk)} = 0. \quad (52)$$

Случай А 2. ГИС в конце дуги.

$$gms'_{r(ik)} = 0;\ \ gms'_{r(kj)} = gms_l;$$

$$gms'_{r(ki)} = 0;\ \ gms'_{r(jk)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\ \ GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\ \ GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 0;\ \ gmsT'_{r(kj)} = 1;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 0;\ \ gmsT'_{r(jk)} = 1. \quad (53)$$

Случай АА. Знак потока может быть и « + » и «» на реверсивных дугах. Знак потока « + ». Совпадает с начальным направлением. Знак потока «». Поток течёт в противоположную сторону от начального

направления. (Если знак « + » этот случай описан выше.)

Случай АА. 1. ГИС в начале дуги. Знак потока «» на реверсивной дуге.

$$gms'_{r(ik)} = 0;\quad gms'_{r(kj)} = 0;$$

$$gms'_{r(ki)} = |gms_l|;\quad gms'_{r(jk)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\quad GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\quad GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 1;\quad gmsT'_{r(kj)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 1;\quad gmsT'_{r(jk)} = 0. \qquad (54)$$

Случай АА. 2. ГИС в конце дуги. Знак потока «» на реверсивной дуге.

$$gms'_{r(ik)} = 0;\quad gms'_{r(kj)} = 0;$$

$$gms'_{r(ki)} = 0;\quad gms'_{r(jk)} = |gms_l|;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\quad GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\quad GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 0;\quad gmsT'_{r(kj)} = 1;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 0;\quad gmsT'_{r(jk)} = 1. \qquad (55)$$

Случай В. Знак потока « + ». Поток совпадает с начальным направлением. Значение ГИС может учитываться в диапазоне.

Случай В. 1. ГИС в начале дуги. Нижняя граница диапазона больше 0.

$$gms'_{r(ik)} = gms_l;\quad gms'_{r(kj)} = 0;$$

$$gms'_{r(ki)} = 0;\quad gms'_{r(jk)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\quad GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\quad GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 1;\quad gmsT'_{r(kj)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 1;\quad gmsT'_{r(jk)} = 0;$$

$$Dev'_{r(ik)} = Dev_l;\quad Dev'_{r(kj)} = 0;$$

$$Dev'_{r(ki)} = 0;\quad Dev'_{r(jk)} = 0. \qquad (56)$$

Случай В 2. ГИС в конце дуги. Нижняя граница диапазона больше 0.

$$gms'_{r(ik)} = 0;\quad gms'_{r(kj)} = gms_l;$$

$$gms'_{r(ki)} = 0;\quad gms'_{r(jk)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\quad GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\quad GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 0;\quad gmsT'_{r(kj)} = 1;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 0;\quad gmsT'_{r(jk)} = 1;$$

$$Dev'_{r(ik)} = 0;\quad Dev'_{r(kj)} = Dev_l;$$

$$Dev'_{r(ki)} = 0;\quad Dev'_{r(jk)} = 0. \qquad (57)$$

Случай ВВ. Знак потока может быть и « + » и «» на реверсивных дугах.

Знак потока « + ». Поток совпадает с начальным направлением. Знак потока «». Поток течёт в другую сторону от начального направления. Если знак « + » этот случай описан выше.

Случай ВВ 1. ГИС в начале дуги. Знак потока «» на реверсивной дуге. Нижняя граница диапазона больше 0 по модулю.

$$gms'_{r(ik)} = 0;\quad gms'_{r(kj)} = 0;$$

$$gms'_{r(ki)} = |gms_l|;\quad gms'_{r(jk)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\quad GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\quad GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 1;\quad gmsT'_{r(kj)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 1;\quad gmsT'_{r(jk)} = 0;$$

$$Dev'_{r(ik)} = 0;\quad Dev'_{r(kj)} = 0;$$

$$Dev'_{r(ki)} = Dev_l;\quad Dev'_{r(jk)} = 0. \qquad (58)$$

Случай ВВ 2. ГИС в конце дуги. Знак потока «» на реверсивной дуге. Нижняя граница диапазона больше 0 по модулю.

$$gms'_{r(ik)} = 0;\quad gms'_{r(kj)} = 0;$$

$$gms'_{r(ki)} = 0;\quad gms'_{r(jk)} = |gms_l|;$$

$$GIE'_{r(ik)} = 0;\quad GIE'_{r(kj)} = 0;$$

$$GIE'_{r(ki)} = 0;\quad GIE'_{r(jk)} = 0;$$

$$gmsT'_{r(ik)} = 0;\quad gmsT'_{r(kj)} = 1;$$

$$gmsT'_{r(ki)} = 0;\quad gmsT'_{r(jk)} = 1;$$

$$Dev'_{r(ik)} = 0;\quad Dev'_{r(kj)} = 0;$$

$$Dev'_{r(ki)} = 0;\quad Dev'_{r(jk)} = Dev_l. \qquad (59)$$

В результате, заданы все $n + 3 \cdot M \cdot (n + M)$ значений для векторов $\overline{gms'}$; $\overline{GIE'}$; $\overline{gmsT'}$; $\overline{Dev'}$ и задача сведена к предыдущему случаю, где нет реверса.

Постановка задачи линейного программирования для решения симплекс методом завершена.

Заключение

Метод, изложенный в данной работе, позволяет производить постановку разных потоковых задач в зависимости от топологии рассматриваемой газотранспортной системы и граничных условий. В статье обоснована возможность постановки задачи для решения симплекс методом [2, 3] с добавлением признака дуги и с учетом замеров реально проходящего газа через газопроводы. Разработанный метод многовариантен и позволяет оперативно решать наиболее актуальные задачи потоковых комплексов.

Выражаем благодарность В.М. Простокишину за внимание к работе и конструктивное обсуждение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казак А.С., Русакова В.В., Кудрявцев И.Б., Ратнер Д.А., Кудрявцев А.А. – Обоснование оптимальных вариантов развития и реконструкции газотранспортных систем в условиях неопределенности, – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2010. – 188 с.

2. Карманов В.Г. Математическое программирование: учеб. пособие. – 5-е изд., стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 264 с.

3. Кармен Т.Х., Лайзерсон Ч.Е., Ривест Р.Л., Штейн К. – Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 1296 с.: ил.

4. Р Газпром 098-2011 Моделирование и оптимизация потоков газа по участкам ГТС для решения задач оперативного диспетчерского управления на основе базы данных ЦПДД ОАО «Газпром».

5. Седжвик Р. Фундаментальные алгоритмы на С + + . Алгоритмы на графах: пер.с англ. – СПб.: ООО «диаСофтЮП», 2002. – 496 с.

УДК 625.7/8

ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И СКАНИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

[1]Челпанов И.Б., [1]Балабан О.М., [1]Аржанухина С.П., [2]Гарибов Р.Б., [3]Кочетков А.В., [3]Янковский Л.В.

[1]ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», Саратов, e-mail: soni.81@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Министерство образования и науки Российской Федерации, Пенза, e-mail: volgapsb@mail.ru;

[3]ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермь, e-mail: yanekperm@yandex.ru

В качестве средств измерения для задач 3*D*-сканирования могут применяться лазерные сканирующие дальномеры, которые работают на принципе измерения дальностей до точек поверхностей объекта на основе измерения интервала времени между посланным и отраженным сигналом, либо на измерении сдвига фаз. Получение измерений множества точек поверхности обеспечивается сканирующей системой дальномерного сканера, разворачивающей луч лазера по двум углам, что позволяет получить массив дальностей до поверхности объекта в заданном телесном угле. Традиционно применение лазерных сканирующих дальномеров для определения размеров и привязки внутренних закрытых и полуоткрытых пространств естественных и искусственных объектов, таких как ущелья, туннели, заводские помещения, карьеры и т.п.

Ключевые слова: объемное моделирование, триангуляция, трехмерная модель

PROBLEMS, METHODS AND MEANS 3D-MODELLING AND SCANNINGS IN THE ROAD ECONOMY

[1]Chelpanov I.B., [1]Balaban O.M., [1]Arganuhina S.P., [2]Garibov R.B., [3]Kochetkov A.V., [3]Jankovskij L.V.

[1]Open Company «Research center of technical regulation», Saratov, e-mail: soni.81@mail.ru;

[2]Penza state university of architecture and building, Penza, e-mail: volgapsb@mail.ru;

[3]Perm national research polytechnical university, Perm, e-mail: yanekperm@yandex.ru.

The short summary: As gages laser scanning range finders which work on a principle of measurement of ranges to points of surfaces of object on the basis of measurement of an interval of time between the sent and reflected signal, or on measurement of shift of phases can be applied to 3*D*-scanning problems. Reception of measurements of set of points of a surface is provided with scanning system the scanner, developing a laser beam on two corners that allows to receive a file of ranges to an object surface in the set space angle. Application of laser scanning range finders is traditional for definition of the sizes and a binding of the internal closed and half-open spaces of natural and artificial objects, such as gorges, tunnels, factory premises, open-cast mines, etc.

Keywords: volume modeling, triangulation, three-dimensional model

Трехмерное сканирование или 3*D*-сканирование (моделирование) представляет собой процесс автоматизированного создания трехмерных математических моделей реальных объектов по результатам измерения координат точек поверхностей различных объектов. Трехмерное лазерное сканирование используется в различных отраслях техники и с разными целями [1]. Общий алгоритм создания трехмерной модели любого геометриче-ского объекта, где исходными данными являются координаты (как правило, используется прямоугольная декартова система координат) точек данного объекта следующий:

1. Координаты точек поверхности, как правило, это «особые» точки – вершины многогранников, точки экстремума для поверхностей, которые представлены в аналитической форме, записываются особым табличным образом.

2. Определяется порядок соединения известных точек – составляется «матрица соединения».

3. Определяется, какими геометрическими примитивами соединяются точки, на базе выработанного алгоритма. Самое простое – соединение отрезками прямых. Если нужна более точная, «сглаженная модель» применяются или кривые 2-го порядка, или сплайны. Таким образом, получается «каркасная» модель.

4. На базе каркасной модели создается «граничная (гранная)» модель. Здесь выделяются и записываются замкнутые участки 3D-поверхности, минимум по трем точкам или более. Именно на такой модели возможно решение инженерно-технических задач.

Ниже перечислены основные ситуации, типичные для дорожного хозяйства [2].

1. Крупномасштабными объектами 3*D*-сканирования являются участки мест-

ности с естественными формами рельефа и/или искусственными объектами, результаты сканирования могут быть визуализованы, но, возможно, по ним должен выполняться макет. Результаты сканирования вместе с данными геологических исследований используются для планирования прокладки дорог и обеспечения их функционирования.

2. Сканирование указанных крупномасштабных проектов осуществляется после аварий и катастроф для оперативной передачи информации об этих событиях экспертам, возможно, находящимся на больших расстояниях.

3. Объектами 3*D*-сканирования являются сооружения (например, мосты, туннели), которые находятся в эксплуатации, но техническая документация на них недоступна или утрачена. Для ремонтных или восстановительных работ бывает необходимо построение достаточно полной трехмерной моделей объектов в целом и более подробных моделей отдельных узлов.

4. Техническая документация, чертежи сооружений существуют и доступны, но известно, что на различных этапах на длинном пути до изготовления не были внесены незарегистрированные изменения и добавления.

5. Для новых проектов желательно изучить уже существующие сооружения в том состоянии, в котором они дошли до нашего времени, в том числе и после ремонтов и реконструкций, вследствие осадки оснований, воздействия климатических факторов и пр.

6. Требуется в максимально наглядном виде представить для экспертов информацию об износе, локальных повреждениях и неровности дорожного полотна, наслоении посторонних материалов и т.п. Например, могут быть важны прогрессирующая осадка фундаментов, увеличение наклонов стен, башен, колонн, заводских труб, мачт и пр., деформации конструкций мостов, провисание проводов линий электропередач или контактных сетей транспорта.

Цель исследования

Студентами Санкт-Петербургского государственного технического университета, Пермского национального исследовательского политехнического университета, Саратовского государственного технического университета в рамках совместной темы проводится сбор фотоизображений и 3D-моделей мостовых сооружений, имеющихся в Интернет-ресурсе GOOGL Планета Земля. Собраны и проанализированы несколько тысяч фотоизображений и 3D-моделей мостовых сооружений, проведена их классификация с точки зрения объемного моделирования. Помимо этого в рамках курсовых и дипломных работ студенты составляют 3D-модели мостовых сооружений. Пример 3D-моделирования, проведенного в рамках курсовой работы, приведен на рис. 1.

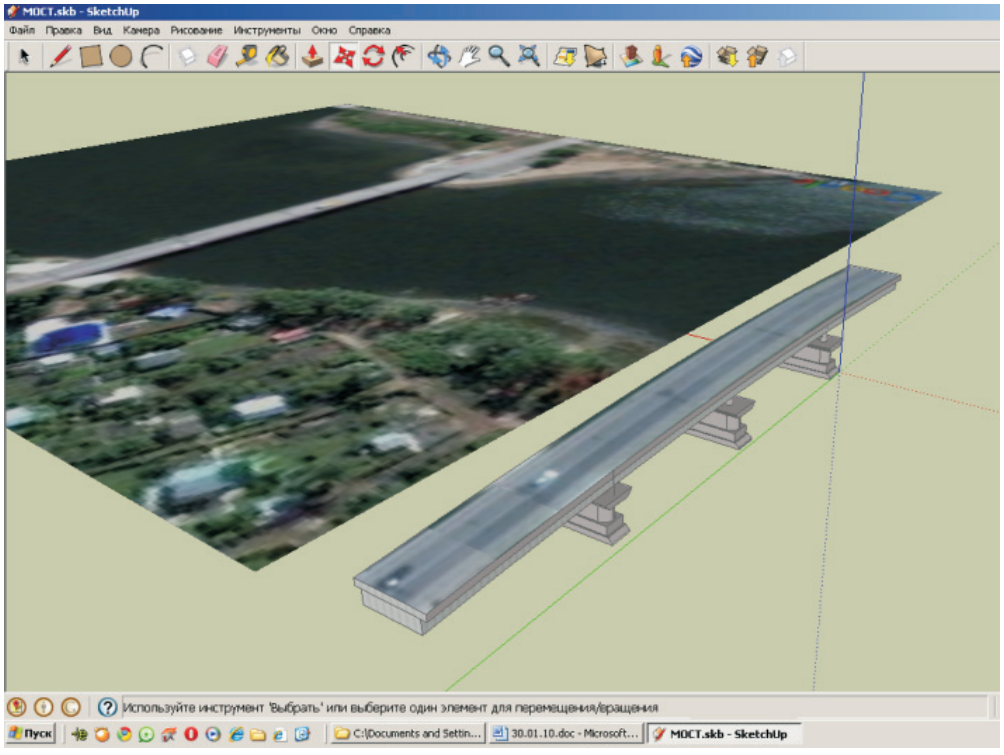


Рис. 1. Пример 3D-моделирования мостового сооружения

В данном интернет ресурсе имеются сведения о наличии 3D-моделей мостовых объектов на территории различных государств (рис. 2).

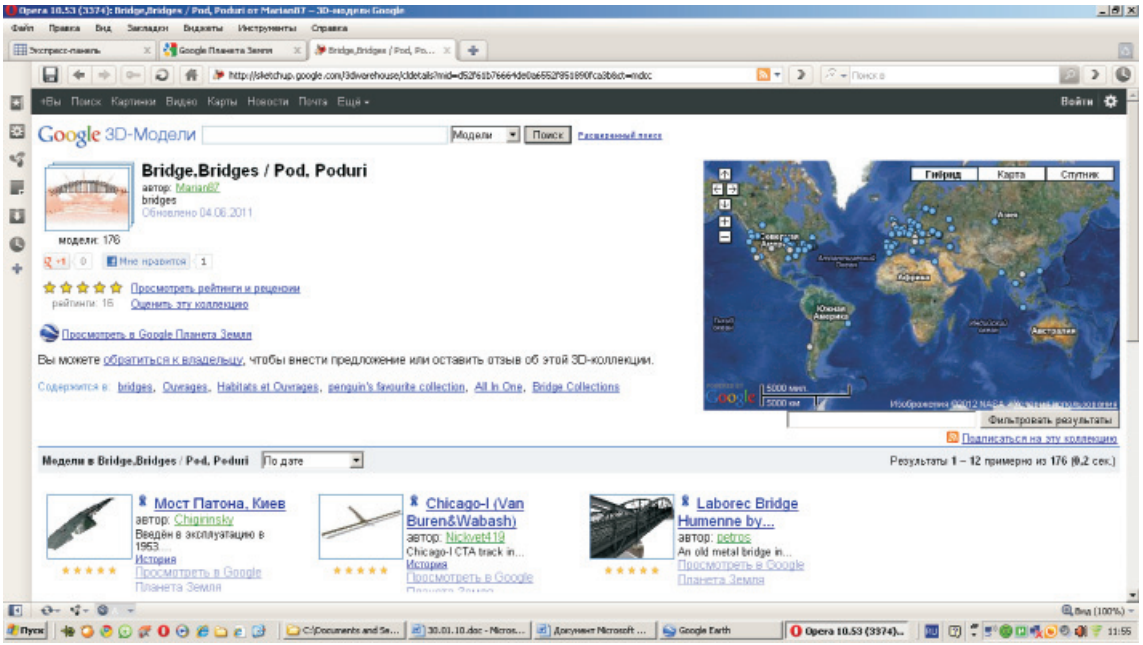


Рис. 2. Наличие 3D-моделей мостовых объектов на территории различных государств

Материал и методы исследования

3D-модель строится следующим образом. Скачивается GOOGLE Earth и GOOGLE Sketch Up последней версии и устанавливается на компьютер. Первая программа предназначается для просмотра Планеты Земля со снимков космических спутников, а также она является средой размещения 3D-моделей. Вторая среда является средой моделирования 3D-моделей. Запускается GOOGLE Sketch Up. В предлагаемом списке выбирается «моделирование 3D-модели для GOOLE Планета Земля». В открывшемся рабочем поле ищется колонка «привязать местность».

Запускается программа GOOGLE Earth. В открывшемся окне фиксируется нужный объект для проектирования. Фотоснимок зафиксированного участка переносится в рабочее поле GOOGLE Sketch Up. Выставляются оси координат объекта (если требуется). Используются фотографии объекта с учетом его размеров. Начертив контур, с помощью инструмента «тяни/толкай», «поднимаем» плоскость, получая объемный объект. Подобными действиями проектируем весь объем проектируемого объекта. «Заливаем» грани фотографиями, придавая 3D-модели требуемый внешний вид. Загружается 3D-модель, предварительно проходя экспертизу сотрудниками GOOLE.

В качестве средств измерения для задач 3*D*-сканирования могут применяться лазерные сканирующие дальномеры, которые работают на принципе измерения дальностей до точек поверхностей объекта на основе измерения интервала времени между посланным и отраженным сигналом, либо на измерении сдвига фаз. Получение измерений множества точек поверхности обеспечивается сканирующей системой дальномерного сканера, разворачивающей луч лазера по двум углам, что позволяет получить массив дальностей до поверхности объекта в заданном телесном угле. Производительность измерений современных лазерных сканеров составляет 100–500 тысяч точек в секунду. Промышленно выпускаемые приборы для трехмерного сканирования крупных объектов также называют тахеометрами или дигитайзерами («оцифровывателями»). Традиционно применение лазерных сканирующих дальномеров для определения размеров и привязки внутренних закрытых и полуоткрытых пространств естественных и искусственных объектов, таких как ущелья, тоннели, заводские помещения, карьеры и т.п.

Электронными тахеометр объединяет в себе функции теодолита (горизонтальных и вертикальных углов) и дальномера (для измерения расстояний). Максимальная дальность линейных измерений может быть до одного или пяти километров. Типаж тахеометров разнообразен, основным параметром является дальность. Для тахеометров высшего класса Погрешности по углам современных тахеометров имеют порядок половины угловой секунды, погрешности расстояний – до 1 мм на 1 км. Некоторые современные модели дополнительно оснащены спутниковой системой привязки GPS. Произведённые вычисления сохраняются в памяти этого устройства и могут быть переведены в компьютер для профессиональной обработки. Профессиональные тахеометры способны оперативно генерировать высококачественные изображения объектов.

Результаты исследования и их обсуждение

Как правило, сканирование объекта проводится с переустановкой объекта или сканера несколько раз для полного покрытия поверхностей сканируемых объектов. Для создания единой 3*D*-модели необходимо произвести объединение («сшивку»).

Получив массивы точек (координат поверхностей), необходимо осуществить их обработку (редактирование) с помощью средств компьютерной графики. Наиболее простыми операциями при этом являются масштабирование (увеличение, уменьшение), зеркальное отражение частей модели и изменение ее ориентации в пространстве. Созданные подобным образом поверхности представляются в стандартных форматах трехмерной графики: *DXF*, *IGES*, *VRML*, *SAT*, *STL*, или *DGN* и соответственно, могут быть экспортированы в любые *CAD*- и 3*D*-приложения. Если сканирование сопровождается цифровой видео- или фотосъемкой, то на этапе обработки можно дополнить сканированное изображение объекта, придав фрагментам реальные цвета и текстуру. Необходим специализированный набор программ для поддержки процесса оцифровки программный, чаще все используется пакет Geomagic Qualify.

Для освоения и эффективного использования средств 3*D*-сканирования в дорожном хозяйстве необходимо проведение комплекса специальных научных исследований: установить и количественно оценить влияние фактуры, неровностей и шероховатости поверхностей на результаты; разработать методику планирования трех-мерного сканирования с учетом наблюдаемости из различных точек; разработать методики комплексирования трехмерных сканеров с другими средствами измерений; проработать различные процедуры сканирования применительно к разным типовым поверхностям объектов. При интерполяции стало модным использование триангуляционной сетки (применительно к 3D-задачам она соответствует линейной интерполяции).

Представление 3*D-данных* – это способ цифрового описания пространственных объектов, тип структуры пространственных данных. Под их *графическим форматом* понимается способ машинной реализации представления пространственных данных. Поверхность в принципе можно задавать множеством лежащих на ней точек. Построение 3*D*-модели требует вполне определенной *структуры данных*, а исходные точки на поверхностях могут быть по-разному распределены в пространстве. Сбор данных может осуществляться по точкам регулярной сетки, по структурным линиям рельефа или хаотично. Первичные данные с помощью тех или иных операций приводят к одному из наиболее распространенных структур для представления поверхностей: *GRID*, *TIN* или *TGRID*. Помимо широко используемых в компьютерных технологиях векторных и растровых форматов хранения и формирования компьютерных изображений распространены *регулярно-* и *нерегулярноячеистые* форматы. К менее распространенным или применяемым для представления пространственных объектов определенного типа относятся также *гиперграфовая модель, модель типа TIN* и ее многомерные расширения.

STL-формат файла был разработан для хранения трехмерных моделей объектов для представления трёхмерных моделей произвольных поверхностей В этом формате используется унифицированный способ приближенного представления (аппроксимации) любых поверхностей системой стыкуемых друг с другом плоских треугольников, треугольных фасет. Таким образом, поверхность объекта покрывается поверхностной сеткой из треугольных ячеек. Поверхность строится триангуляционным методом, получается так называемая *TIN*-поверхность. *TIN (Triangulated Irregular Network)* – нерегулярная триангуляционная сеть, система неперекрывающихся треугольников. *TIN – Triangulated Irregular Network* – сеть неравносторонних треугольников, соответствующая так называемой триангуляции Делоне и используемая в цифровом моделировании.

Вершинами треугольников являются исходные опорные точки, совпадающие с исходной криволинейной поверхностью. Рельеф в общем случае представляется многогранной поверхностью, каждая грань которой описывается либо линейной функцией (полиэдральная или многоугольная модель), либо полиноминальной поверхностью, коэффициенты которой определяются по значениям в вершинах граней треугольников. При правильном построении эта сеть не имеет ни разрывов, ни наложений. При этом информация о поверхности объекта представляет собой список параметров треугольных фасет, которые описывают эту поверхность. Треугольники определяются с учетом направления узлов (вершины треугольников) по часовой стрелке, с учетом подобных узлов в вершинах треугольников.

На использовании *TIN*-поверхностей строятся аппроксимации в большом числе более ранее распространенных приложений, например, в геодезии таким образом представляется рельеф участков поверхности Земли. Триангуляция Делоне **в** приложении к двумерному пространству формулируется следующим образом: система взаимосвязанных неперекрывающихся треугольников имеет наименьший периметр, если ни одна из вершин не попадает внутрь ни одной из окружностей, описанных во-

круг образованных треугольников (рис. 3). Образовавшиеся треугольники при такой триангуляции максимально приближаются к равносторонним, а каждая из сторон образовавшихся треугольников из противолежащей вершины видна под максимальным углом из всех возможных точек соответствующей полуплоскости. Интерполяция выполняется по образованным ребрам. Отличительной особенностью и преимуществом триангуляционной модели является то, что в ней нет преобразований исходных данных. С одной стороны, это не дает использовать такие модели для детального анализа, но с другой стороны, исследователь всегда знает, что в этой модели нет привнесенных ошибок, которыми грешат модели, полученные при использовании других методов интерполяции. Немаловажен и тот факт, что это самый быстрый и универсально применимый метод интерполяции. Однако, если в ранних версиях большинства ГИС триангуляционный методы был основной, то сегодня большое распространение получили модели в виде регулярной матрицы значений высот.

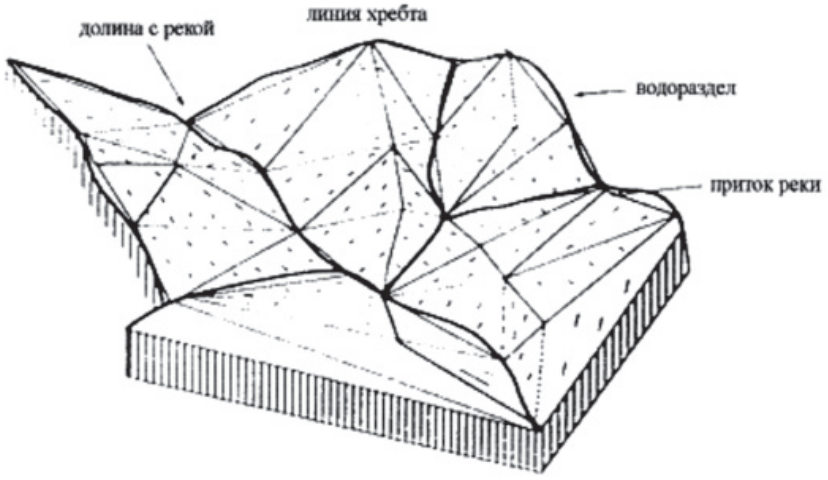


Рис. 3

Основное достоинство *STL*-формата – это универсальность и простота по сравнению с другими форматами. Алгоритм построения горизонтальных сечений и соответствующей вычислительной процедуры в быстром прототипировании сводится к определению тех треугольников, которых заданная горизонтальная плоскость пересекает (одна вершина каждого такого треугольника должна иметь координату *z* по другую сторону от плоскости, чем две другие), а затем из двух линейных уравнений определяется линия пересечения с плоскостью, т.е. участок границы контура. В результате граница горизонтального сечения получается состоящей из отрезков прямых линий.

Заключение

Задачи 3D-моделирования и сканирования получили свое развитие при моделировании и исследовании макрошероховатых дорожных покрытий, в том числе исследовании процесса взаимодействия колеса транспортного средства с покрытием, а также распределением материала дорожной разметки во впадинах макрошероховатости. Это позволило обосновать важность введения таких параметров как разновысотность активных выступов и разноглубинность впадин макрошероховатости [3–5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный сборник о применении прогрессивных технологий в органах управления дорожным хозяйством / А.В. Чванов, С.В. Карпеев, А.В. Кочетков и др. – М.: Федеральное дорожное агентство, 2006. – 308 с.

2. 3D-сканирование и прототипирование в дорожном хозяйстве / И.Б. Челпанов, С.М. Евтеева, М.В. Степанов и др. // Дороги. Инновации в строительстве. – 2010. – № 2. – С. 38–43.

3. Чванов А.В. Научные основы нормирования шероховатых поверхностей дорожных покрытий / А.В. Кочетков, А.В. Чванов, С.П. Аржанухина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2009. – Вып. 14 (33). – С. 80–86.

4. Чванов А.В. Обоснование новых параметров геометрических характеристик макрошероховатого дорожного покрытия / А.В. Чванов, А.А. Сухов, С.М. Евтеева // Дороги и мосты. – 2010. – № 1. – С. 105–116.

5. Чванов А.В. Технические решения обеспечения зимнего противоскольжения (антигололедные дорожные покрытия с шероховатой поверхностью) // Дороги и мосты. – 2009. – № 1. – С. 139–148.

УДК 535.215

ВНУТРЕННИЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЖИДКОСТИ

Герасимов С.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: gsim1953@mail.ru

Темновой электрический ток, текущий в жидкости, находящейся в контакте с металлическими электродами, при освещении резко возрастает. Это происходит даже в том случае, когда поверхности металлических электродов не подвержены оптическому облучению. Работа содержит экспериментальные аргументы, свидетельствующие о фотоэлектрической природе явления.

Ключевые слова: фотоэффект, вода, электрический ток

INTERNAL PHOTOELECTRIC EFFECT IN A LIQUID

Gerasimov S.A.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: gsim1953@mail.ru

Dark current flowing in the liquid having contacts with the metal electrodes is sharply increases during optical illumination. This takes place even though the surfaces of the metal electrodes are not illuminated. The work contains experimental arguments confirming the photoelectric nature of the phenomenon.

Keywords: photoeffect, water, electric current

При взаимодействии света с веществом происходит перераспределение электронов по энергетическим уровням. Если энергия кванта превышает ширину запрещенной зоны, электрон переходит из валентной зоны в зону проводимости. В результате появляется дополнительная пара носителей тока, что проявляется в увеличении электропроводности вещества [1]. Это означает возможность существования внутреннего фотоэффекта не только в полупроводниках и металлах, но и в жидкости. Известные в настоящее время экспериментальные результаты в основном относятся к фотоэлектронной эмиссии, происходящей на поверхности металла, находящегося в контакте с электролитом [2]. Это позволило исследовать такие редкие явления как нелинейный фотоэлектрический эффект и многофотонные процессы в твердых телах. На первый взгляд может показаться, что обнаружить фотоэлектрический эффект с участием чистой жидкости, примером которой является чистая вода, практически невозможно. Этому мешает очень низкая проводимость и ряд сопутствующих факторов [3]. Однако известно, что если вода находится в контакте с металлическими электродами, то она ведет себя как источник постоянного электрического тока. Это – экспериментальный, и, наверное, достаточно очевидный факт. Из этого следует реальная возможность обнаружить внутренний фотоэффект, происходящий в той или иной чистой жидкости. Необходимо лишь создать условия, при которых металлические электроды не облучаются. Надо также исключить или учесть влияние других процессов, создающих вклад в силу электрического тока, текущего в жидкости.

На рис. 1 показано простое устройство, предназначенное для обнаружения и изучения фотоэлектрического эффекта, происходящего с участием жидкости [4]. Экспериментальная установка представляет собой два цилиндрических электрода 1 и 2, разделенные светонепроницаемым цилиндрическими экраном 3. Внешний электрод 1 представляет собой боковую поверхность кюветы, в которой находится жидкость. Между источником света 4 и кюветой находятся подвижный неметаллический механический экран 5, поглотитель 6 и светофильтр 7. Вблизи нижней поверхности светофильтра установлен датчик освещенности 8. Интерес представляет значение освещенности вблизи поверхности жидкости. Установлено, что в таком положении значение освещенности, зарегистрированное фоторезистором 8, отличается от усредненного по поверхности жидкости значения освещенности в 2,4 раза при объеме жидкости в кювете $V = 100$ мл. Поэтому в дальнейшем под величиной E понимается средняя освещенность поверхности жидкости. На дне пустой кюветы средняя освещенность меньше значения E в 1,6 раза.

Время открывания механического экрана менее секунды. Это позволяет исключить из рассмотрения электромагнитные помехи, обусловленные включением и выключением источника света. Источник света включался за 30 секунд до начала экспозиции; время экспозиции – 10 с. Малое время экспозиции позволяет не обращать внимание на возможный нагрев элементов установки источником света, хотя датчик (на рис. 1 не показан), находящийся в жидкости, с точностью не хуже 0,1 °C не обнаружил изменение температуры ни во время экспозиции, ни после нее. Поглотитель позволяет изменять освещенность внутри кюветы без изменения спектрального состава излуче-

ния. Внутренний и внешний электроды зашунтированы резистором R, напряжение на котором U регистрировалось быстродействующим электронным вольтметром. Все, приведенные ниже экспериментальные результаты, получены при следующих параметрах установки. Диаметр и высота внешнего медного электрода составляли 75 и 50 мм, соответственно. Диаметр цилиндрического экрана, исключающего попадание света на внутреннюю поверхность внешнего электрода, – 40 мм, его высота – 40 мм; диаметр и высота внутреннего медного электрода 10 и 45 мм, соответственно. Сопротивление резистора – 217 кОм.

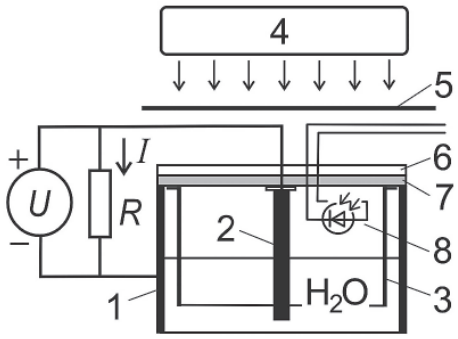


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 и 2 – цилиндрические медные электроды, 3 – бленда, 4 – источник света, 5 – подвижный экран, 6 – поглотитель, 7 – светофильтр, 8 – датчик освещенности

Первое, на что обязательно следует обратить внимание, это зависимость силы тока $I = U/R$ от времени в темновом режиме, то есть при закрытом экране. Это необходимо не только затем, что выбрать удачные интервалы времени для экспозиции, но и сравнить полученные результаты измерений при различных объемах V жидкости в кювете. Такие зависимости приведены на рис. 2, и, как ожидалось, подтверждают удобства и преимущества описываемого метода изучения фотоэффекта. Спустя примерно 12 часов после загрузки жидкости в кювету, падение напряжения U и ток I перестают изменяться, и это продолжается сравнительно долго [5].

Рис. 3 демонстрирует изменение со временем силы тока U/R в цепи и освещенности E в кювете во время экспозиции и после нее. По существу, это – первый аргумент, подтверждающий фотоэлектрическую природу явления. Сразу после начала экспозиции электрический ток в цепи резко возрастает, плавно увеличивается во время экспозиции и еще более плавно спадает до первоначального значения темнового тока после окончания экспозиции. Поэтому в качестве количественной характеристики явления имеет смысл выбрать величину скачка тока δI (рис. 3). Это – единственная величина, которая не должна изменяться со временем, а плавное возрастание тока в цепи позволяет определить ее сравнительно точно, используя, к примеру, методы обработки экспериментальных зависимостей. В дальнейшем на эту величину можно ссылаться как на значение фототока. Следует обратить внимание, освещенность внутри кюветы во время экспозиции если и изменяется, то крайне слабо. Есть еще одно обстоятельство, которое обязательно должно быть отмечено. Если бы такое возрастание темнового тока было обусловлено фотоэлектрическим эффектом, происходящим на поверхности внутреннего электрода, подверженного облучению рассеянным в кювете светом, это вызвало бы уменьшение темнового тока.

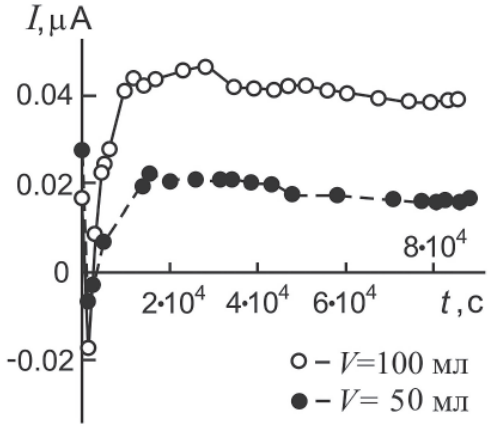


Рис. 2. Темновой ток как функция времени для двух объемов жидкости в кювете

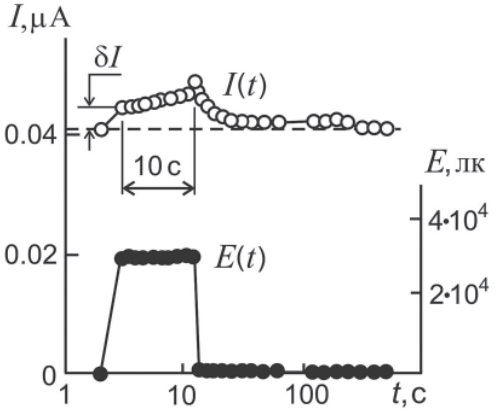


Рис. 3. Ток в цепи I и освещенность E во время экспозиции и после нее

Обычный фотоэффект, в том числе и внутренний, характеризуются линейной зависимостью фототока от освещенности. Это же относится и к описываемому здесь явлению. Это продемонстрировано на

рис. 4. Оказалось, что величина фототока δI при прочих равных условиях не зависит от объема V жидкости, находящейся в кювете. Это еще одно, правда, косвенное подтверждение внутреннего характера фотоэлектрического эффекта. Увеличение объема жидкости приводит к пропорциональному изменению темнового тока (см. рис. 2), расстояние же от области, где наиболее эффективно происходит изменение проводимости, до источника света изменяется незначительно. Впрочем, такая интерпретация, как и сама зависимость, показанная на рис. 4, подлежат уточнению.

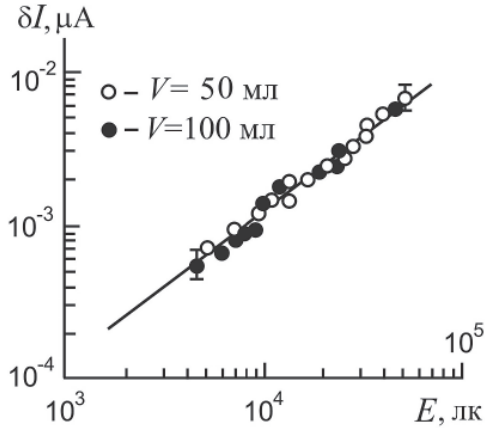


Рис. 4. Фототок в зависимости от освещенности при двух объемах жидкости к кювете

Едва ли следует заострять внимание на важности зависимости фототока от длины волны оптического излучения, показанной на рис. 5. К сожалению, при освещенностях, меньших 10^4 лк, с достаточной точностью измерить величину фототока δI удается лишь для синего света. С очень большими ошибками связаны и попытки измерить значение фототока для красного и инфракрасного излучений. Наверное, в этом и заключается ограниченность этой сравнительно простой методики изучения фотоэффекта [4].

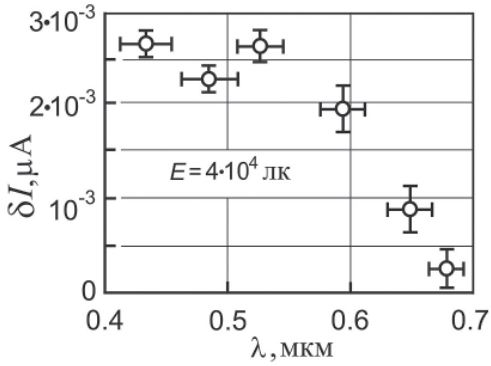


Рис. 5. Зависимость фототока от длины волны при освещенности $E = 4{\cdot}10^4$ лк и объеме жидкости $V = 100$ мл

С другой стороны, только таким методом удается выяснить, что является причиной резкого изменения тока в цепи: изменение проводимости жидкости или появление дополнительной разности потенциалов. Достаточно обратить внимание, что сразу после загрузки жидкости в кювету потенциал внутреннего электрода отрицателен (см. рис. 2).

Поэтому, если бы при экспозиции проводимость воды возрастала, это привело бы к дальнейшему уменьшению потенциала. На самом же деле происходит обратное: по модулю сила тока уменьшается, потенциал же возрастает [6]. Это продемонстрировано на рис. 6. Единственная возможность объяснить такое поведение фототока до, во время и после экспозиции, – предположить, что при оптическом облучении жидкость приобретает дополнительный электрический потенциал. Это – один из наиболее значимых результатов измерений, хотя работа представляла собой попытку обнаружить внутренний фотоэффект в жидкости, интересным и важным примером которой является чистая вода. Ссылаясь на приведенные выше экспериментальные зависимости, можно надеяться, что такая попытка оказалась успешной.

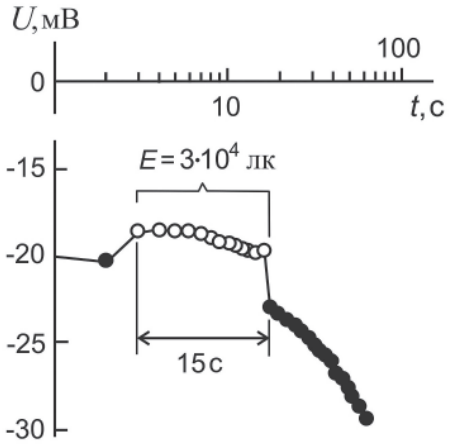


Рис. 6. Падение напряжения U как функция времени при отрицательном потенциале внутреннего электрода

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аут И., Генцов Д., Герман К. Фотоэлектрические явления. – М.: Мир, 1980. – 208 с.

2. Арутюнян В.М. Физические свойства границы полупроводник-электролит // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158. – № 2. – С. 255–291.

3. Гуревич Ю.Я. Внешний фотоэффект. – М.: Знание, 1983. – 64 с.

4. Герасимов С.А. Фототок в жидкости: метод и попытка экспериментального исследования // Инженерная физика. – 2012. – № 4. – С. 33–33.

5. Герасимов С.А. Об электрических свойствах воды // Техника и технология. – 2012. – № 1. – С. 6–8.

6. Герасимов С.А. Э.Д.С.,, вода и темнота // Инженер. – 2012. – № 3. – С. 18–20.

УДК 539.196.3

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖФАЗНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Готовцев В.М., Шатунов А.Г., Румянцев А.Н., Сухов В.Д.
ФГБОУ ВПО «Ярославский государственный технический университет», Ярославль, e-mail: gotovtsev_vm@mail.ru

В работе на основе анализа литературных источников рассмотрены принципы формирования межмолекулярного взаимодействия в жидкой и газовой средах. Показано, что взаимодействие нейтральных молекул вещества, как правило, имеет электрическую природу. Рассмотрены различные виды межмолекулярных взаимодействий. На основе анализа уравнения Ван-дер-Ваальса показан механизм формирования поверхностного натяжения в межфазных слоях. Установлено, что причиной возникновения поверхностного натяжения являются девиаторные компоненты тензора межфазных напряжений.

Ключевые слова: межмолекулярные силы, уравнение Ван-дер-Ваальса, поверхностные силы, объемные силы, поверхностное натяжение, тензор межфазных напряжений

THE MECHANISM OF INTERPHASE TENSION FORMING

Gotovcev V.M., Shatunov A.G., Rumyantsev A.N., Sukhov V.D.
Yaroslavl state technical university, Yaroslavl, e-mail: gotovtsev_vm@mail.ru

Based on the analyzed literary sources, the principles of forming of intermolecular interactions in liquid medium and gaseous fluid have been examined in this study. It has been shown that interactions of neutral molecules of a matter are generally of an electric nature. There have been examined different kinds of intermolecular interactions. Based on analysis of the Van der Waals equation, the mechanism of forming of surface tension in interfacial layers has been shown. It has been stated, that surface tension is caused by deviatoric components of interfacial tensions.

Keywords: intermolecular interactions, Van der Waals equation, surface forces, volume forces, surface tension, interphase tension tensor

Целью настоящей работы является анализ существующих подходов к описанию поверхностных явлений, систематизация полученных знаний и формирование новых взглядов, позволяющих описывать известные поверхностные эффекты и прогнозировать новые с целью их практического использования.

Поверхностные явления – совокупность явлений, обусловленных особыми свойствами тонких слоёв вещества на границе соприкосновения фаз. К поверхностным явлениям относятся процессы, происходящие на границе раздела фаз в межфазном поверхностном слое и возникающие в результате взаимодействия сопряжённых фаз. Поверхностные явления обусловлены тем, что в поверхностных слоях на межфазных границах вследствие различного состава и строения соприкасающихся фаз существует ненасыщенное поле межатомных и межмолекулярных сил. Вследствие этого атомы и молекулы в поверхностных слоях образуют особую структуру, а вещество принимает состояние, отличающееся от его состояния в объеме фаз [1].

Поверхностные явления могут иметь чисто физический характер или сопровождаться химическими превращениями. Свойства поверхностей контакта двух твёрдых тел или твёрдого тела с жидкой и газовой средами определяют условия таких явлений, как адгезия, смачивание, трение. Молекулярная природа и свойства поверхности могут коренным образом изменяться в результате образования поверхностных мономолекулярных слоев или фазовых (полимолекулярных) плёнок. Поверхностные явления, связанные с действием поверхностного натяжения и вызываемые искривлением жидких поверхностей раздела, называются капиллярными явлениями. К ним относятся капиллярное всасывание жидкостей в пористые тела, капиллярная конденсация, установление равновесной формы капель, газовых пузырей, менисков.

Свойства молекул в поверхностном слое сильно отличаются от таковых в объеме системы. Молекулы, находящиеся внутри жидкости, испытывают одинаковые воздействия со всех сторон. В результате силы притяжения взаимно уравновешиваются и их равнодействующая равна нулю. В то же время на молекулы, находящиеся на поверхности раздела фаз, например, жидкость – воздух, действуют силы неодинаковой величины. Это связано с тем, что силы притяжения между молекулами газа значительно меньше, чем между молекулами жидкости. Равнодействующая этих сил направлена перпендикулярно поверхности раздела вглубь объема жидкости, т.е. жидкость стремится втянуть молекулу, находящуюся на ее поверхности.

Существуют два подхода в описании поверхностных явлений. Основой первого из них, термодинамического, является предположение о том, что поверхностный слой

жидкости обладает определенным запасом поверхностной энергии.Эта энергия затрачивается на работу, направленную на образование поверхности раздела фаз. В этом подходе переходная зона между двумя контактирующими объемными фазами представляет собой геометрическую поверхность, не имеющую толщины [2]. На этой поверхности происходит скачкообразное изменение параметров состояния вещества. Такое представление является превалирующим в теории поверхностных явлений. Межфазный слой рассматривается как некий «черный ящик», содержание которого неизвестно. Во втором подходе [1] межфазный слой моделируется слоем конечной толщины и предполагает плавное изменение свойств вещества по его толщине. Здесь необходимо изучение сил, действующих между частицами вещества, как в объемных фазах, так и в межфазном слое.

В обоих подходах мерой взаимодействия контактирующих фаз является поверхностное натяжение, смысл которого зависит от используемого подхода. Энергетическое определение: поверхностное натяжение-это удельная работа по увеличению поверхности при её растяжении при условии постоянства температуры. Силовое определение: поверхностное натяжение – это сила, действующая на единицу длины линии, которая ограничивает поверхность жидкости. Механическая трактовка поверхностного натяжения требует изучения действующихв переходной зоне сил, образующих электрические и молекулярные поля, затухающие при углублении в каждую из смежных фаз.

Межмолекулярное взаимодействие имеет электрическую природу и складывается из сил притяжения (ориентационных, индукционных и дисперсионных) и сил отталкивания.

Ориентационныесилы действуют между полярными молекулами, обладающими дипольными электрическими моментами. Взаимодействие диполей зависит от их взаимной ориентации, и поэтому силы дипольного взаимодействия называются ориентационными.

Индукционные силы действуют между полярной и неполярной молекулами. Полярная молекула создаёт электрическое поле, которое поляризует молекулу с электрическими зарядами, равномерно распределёнными по объёму. Положительные заряды смещаются по направлению электрического поля, а отрицательные — против. В результате у неполярной молекулы индуцируется дипольный момент.

Между неполярными молекулами действует дисперсионное молекулярное взаимодействие. Природа этого взаимодействия была выяснена полностью только после создания квантовой механики. В атомах и молекулах электроны сложным образом движутся вокруг ядер. В среднем по времени дипольные моменты неполярных молекул оказываются равными нулю, но мгновенное значение дипольного момента отлично от нуля. Мгновенный диполь создаёт электрическое поле, поляризующее соседние молекулы благодаря индукции.

Силы отталкивания действуют между молекулами на очень малых расстояниях, когда приходят в соприкосновение заполненные электронные оболочки атомов, входящих в состав молекул. Существующий в квантовой механике Паули принцип запрещает проникновение заполненных электронных оболочек друг в друга. К хорошему согласию с данными экспериментов приводит допущение, что потенциальная энергия сил отталкивания обратно пропорциональна двенадцатой степени расстояния.

Описанные механизмы составляют основу микрооописания взаимодействий элекромагнитной природы между электрически нейтральными частицами. Для макрооописания системы, как правило, используют предположение о существовании среднего молекулярного поля. Это предположение допускает возможность выделить в среде элемент объема с линейным размером, меньшим радиуса дальнодействия межмолекулярных сил, но содержащий число молекул, позволяющее сформировать равномерное распределение плотности вещества [1]. На предположении существования среднего молекулярного поля построена теория неидеальных газов, к числу которых можно отнести жидкости.

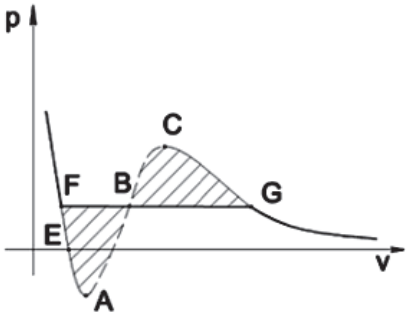
Силы притяжения, возникающие между нейтральными молекулами вещества, формируют в нем внутреннее давление, функциональную интерпретацию которого впервые дал Ван-дер-Ваальс. Согласно модели Ван-дер-Ваальса, эти силы обратно пропорциональны шестой степени расстояния, или второй степени объема, занимаемого газом. Считается также, что силы притяжения суммируются с внешним давлением. С учетом этих соображений уравнение состояния идеального газа преобразуется в уравнение Ван-дер-Ваальса. Для одного моля газа уравнение Ван-дер-Ваальса имеет вид [3]

$$P = \frac{RT}{V - b}, \qquad (1)$$

где P – внешнее давление; V– молярный объем; T – абсолютная температура; R– универсальная газовая постоянная.

Записанное уравнение является усовершенствованным уравнением состояния идеального газа с двумя поправками. Поправка *a* учитывает силы притяжения между молекулами (давление на стенку уменьшается, т.к. есть силы, втягивающие молекулы приграничного слоя внутрь), поправка *b* — силы отталкивания (из общего объёма вычитаем объём, занимаемый молекулами).

Зависимость *P*(*V*), построенная при постоянной температуре T, носит название изотермы Ван-дер-Ваальса. Общий вид изотермы Ван-дер-Ваальса представлен на риceyrt. На изотерме можно выделить следующие характерные участки и точки: участок левее точки *F* – нормальная жидкость; точка *F* – точка кипения; прямая *FG* – равновесие жидкой и газообразной фазы; участок *FA* – перегретая жидкость; участок *EA* – растянутая жидкость ($P < 0$);участок *AC* – аналитическое продолжение изотермы, физически невозможен; участок *CG* – переохлаждённый пар; точка *G* – точка росы; участок правее точки *G* – нормальный газ. Площади фигуры *FAB* и *GCB* равны.



Изотерма Ван-дер-Ваальса

Как показано, изотерма Ван-дер-Ваальса содержит точки, отвечающие как жидкому, так и газообразному состоянию вещества. Жирными линиями выделены участки изотермы, подтверждаемые экспериментально. На прямолинейном участке FGдавление постоянно, а среда существует одновременно в двух состояниях – жидком и газообразном. При уменьшении объема (перемещение от точки *G*к *F*) происходит конденсация пара, т.е. переход в жидкое состояние, с сохранением давления, равным давлению насыщенного пара.

На участках FA и CG среда находится в неустойчивых состояниях, которые, тем не менее, могут быть реализованы при особых условиях [3]. Состояния, отвечающие точкам на участке кривой ABC, не могут существовать, так как этому участку соответствует необычная зависимость объема от давления: с увеличением давления объем не уменьшается, а растет. Состояние вещества с такими свойствами неизбежно должно быть крайне неустойчивым.

Изотерма Ван-дер-Ваальса представляет собой графическую интерпретацию уравнения состояния среды. Любому состоянию среды отвечает определенная точка изотермы с координатами P и *V.* Переход вещества из одного состояния в другое возможен только по участкам изотермы Ван-дер-Ваальса. Для объемных фаз такой-переход реализуется по участкам, выделенным жирными линиями. В отличие от этого в межфазном слое (по его толщине) реализуется множество состояний вещества, что соответствует уже не точке, а целому участку изотермы Ван-дер-Ваальса. Так в переходном слое вода – пар плотность среды изменяется на три порядка по толщине межфазного слоя, соответствующим образом должно изменяться и давление среды. На основании сказанного можно выдвинуть предположение о том, что некоторые участки теоретической изотермы Ван-дер-Ваальса, исключенные из рассмотрения по причине неустойчивости объемной фазы, могут реализовывать состояния среды в межфазном слое.

В механике сплошных сред принято выделять два класса действующих на частицы среды сил: объемные (иногда их называют еще массовыми) и поверхностные [4]. Под объемными силами понимают такие, которые действуют на элементы объема, как, силы веса, тяготения, электростатического притяжения или отталкивания, силы действия электрического или магнитного поля. К поверхностным силам относят силы, которые действуют на элементы поверхности, например, силы давления, силы внутреннего трения (вязкости) в среде и т.д. По современным представлениям силы притяжения являются дальнодействующими и относятся к классу объемных сил. Силы отталкивания рассматриваются как поверхностные силы, а их радиус дальнодействия принимается равным нулю.

Отметим принципиальное различие между объемными и поверхностными силами. Вектор объемной силы является однозначной функцией точки пространства и времени, т.е. образует векторное силовое поле. Поверхностные силы принимают в каждой точке пространства бесчисленное множество значений в зависимости от ориентации контрольной площадки, образуя тензорное поле. Отдельные компоненты тензора зависят от выбора направлений координатных осей, но тензор в целом представляет физический объект, выражающий определенное состояние среды, и не зависит от выбора системы координат.

В соответствии с приведенной классификацией силы отталкивания в уравнении Ван-дер-Ваальса следует отнести к классу поверхностных сил, а силы притяжения – объемных. В теории Ван-дер-Ваальса разница между объемными и поверхностными силами не обозначена. Силы притяжения и отталкивания присутствуют в уравнении как давления, т.е. ассоциируются с поверхностными силами. Такой подход правомерен при рассмотрении равновесия среды в объемной фазе. Однако разница в природе сил становится принципиальной при составлении уравнений равновесия в тонком межфазном поверхностном слое.

Рассмотрим межфазный слой на границе раздела жидкой и твердой фаз. К любой молекуле жидкости, находящейся вблизи твердой поверхности, приложена результирующая сила, направленная внутрь жидкой фазы. Эта сила может рассматриваться как дополнительное внешнее давление, действующее на объем жидкости. Таким образом, твердая разделяющая поверхность вносит возмущение в граничащую с ней жидкость, экранируя силы притяжения между молекулами жидкости и формируя межфазный слой

Толщина этого слоя определяется радиусом дальнодействия сил межмолекулярного притяжения из условия: $F > 0$ при $R > r > 0$; $F = 0$ при $r \geq R$. Здесь F – межфазная объемная сила, действующая на жидкость со стороны разделяющей поверхности, r – расстояние от точки до поверхности, R – радиус дальнодействия межмолекулярных сил притяжения. Для молекулы жидкости, находящейся на границе межфазного слоя и объемной фазы, возмущающее воздействие твердой поверхности затухает, а условием равновесия среды в этой точке будет равенство давлений сил притяжения и сил отталкивания. На изотерме Ван-дер-Ваальса это точка со значением внешнего давления $P = 0$.

Степень возмущающего воздействия твердой поверхности на жидкую фазу определяется абсолютным значением внешнего давления P в уравнении Ван-дер-Ваальса. Максимальная величина воздействия достигается в точке A изотермы Ван-дер-Ваальса, что отвечает расположению точки на границе раздела твердой фазы и жидкости. В точке E изотермы жидкость обладает свойствами объемной фазы. В пределах рассмотренного межфазного слоя возмущающая объемная сила направлена в сторону объемной фазы жидкости, а ее действие эквивалентно приложению дополнительного внешнего давления.

Приведенные соображения относятся к случаю, когда взаимодействие молекул жидкости с молекулами материала твердой поверхности полностью отсутствует. На практике такой случай реализуется достаточно редко, например, когда ртуть находится в контакте со стеклом. В реальных веществах, как правило, существует межмолекулярное взаимодействие контактирующих фаз. Интенсивность такого взаимодействия может быть оценена коэффициентом смачивания, определяемого из уравнения Юнга :

$$\gamma_{(тв\text{-}г)} = \gamma_{(ж\text{-}тв)} + \gamma_{(ж\text{-}г)}\cos\theta;$$

$$k = \frac{\gamma_{тв\text{-}г} - \gamma_{ж\text{-}тв}}{\gamma_{ж\text{-}г}} = \cos\theta, \qquad (2)$$

где γ_{ij} определяют поверхностные натяжения на границах раздела твердой (тв), жидкой (ж) и газообразной (г) фаз; угол θ – краевой угол смачивания, k – коэффициент смачивания.

Коэффициент смачивания может принимать значения $-1 < k < 1$, а каждому значению kотвечает точка на нисходящей ветви изотермы Ван-дер-Ваальса (т. M), определяющая состояние среды на границе раздела твердой и жидкой фаз. Поверхностным натяжениям γ_{ij} соответствуют определенные участки изотермы, толщина межфазного слоя и направление объемной силы. Сведем различные случаи смачивания в таблицу.

Значение k	Значение θ	Характер смачивания	Расположение точки M	Направление объемной силы
$k = -1$	$\theta = \pi$	Смачивание отсутствует	Точка A	В объемную фазу
$-1 < k < 0$	$\pi > \theta > \frac{\pi}{2}$	Частичное смачивание	Участок AE	В объемную фазу
$k = 0$	$\theta = \frac{\pi}{2}$	Смачивание	Точка E	Объемная сила отсутствует
$1 > k > 0$	$\frac{\pi}{2} > \theta > 0$	Смачивание	Участок EF	От объемной фазы
$k = 1$	$\theta = 0$	Полное смачивание	Из условия устойчивости пленки	От объемной фазы

Поясним приведенные в таблице данные примером, отвечающим содержанию четвертой строки таблицы ($1 > k > 0$). В рассматриваемом случае т. *M,* определяющая положение границы раздела жидкой и твердой фаз, будет располагаться на участке *EF* изотермы Ван-дер-Ваальса. Межфазному слою жидкость – твердое соответствует участок *ME* изотермы, межфазному слою жидкость – газ – участок *EA*, а межфазному слою твердое – газ – участок *MA*. Объемная сила действует в направлении от объемной фазы к твердой поверхности, создавая разрежение в объемной фазе жидкости. Толщины межфазных слоев определяются значениями координат удельных объемов на границах соответствующих межфазных слоев.

Для случая, отвечающего первой строке таблицы, т. *M* совпадает с т. *A* изотермы Ван-дер-Ваальса, межфазный слой жидкость – газ совпадает с межфазным слоем жидкость – твердое, а межфазный слой твердое – газ – отсутствует. Для третьей строки таблицы точка *M* совпадает с т. *E,* а межфазный слой твердое – жидкость не формируется. Это означает, что воздействие твердой поверхности на контактирующую с ней жидкость оказывается таким же, как действие жидкости в отсутствии твердой поверхности. Таким образом, твердая поверхность не вносит возмущения в среду и причины для формирования межфазного слоя твердое – жидкость исчезают.

Далее рассмотрим механизм формирования поверхностных натяжений в межфазных слоях. Прежде всего, отметим, что поверхностное натяжение формируется напряжениями, направленными параллельно разделяющей поверхности. Эти напряжения появляются в результате действия рассмотренной выше межфазной объемной силы. Возникновение такой силы, направленной перпендикулярно к межфазной поверхности, с позиции механики сплошных сред должно приводить к появлению нормальных напряжений, перпендикулярных силе. Эти напряжения имеют смысл девиаторных компонентов тензора межфазных напряжений и именно они формируют поверхностное натяжение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роулинсон Дж., Уидом Б. Молекулярная теория капиллярности. – М.: Мир, 1986. – 375 с.

2. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. Поверхностные силы. – М.: Наука, 1985. – 398 с.

3. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1976. – 480 с.

4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1978. – 736 с.

5. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. – М.: Химия, 1977. – 438 с.

УДК 537. 226

КРИСТАЛЛОХИМИЯ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ $Pb_{1-x}Ca_xTiO_3$

[1]Расторопов С.Б., [2]Панич А.Е., [3]Бородин В.З., [4]Снежков В.И.

[1,2]НКТБ «Пьезоприбор», ФГАОУ «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mai: info@sfedu. ru;

[3]ФГБОУ ВПО «Российский гидрометеорологический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: rggmurd@yandex. ru;

[4]ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: rgsu@rgsu.ru

Пьезоэлектрические керамические материалы с высокой анизотропией пьезоэффекта широко изучаются в связи сих применением в ВЧ – приборах, неразрушающем контроле, гидроакустике, медицинской диагностике. Среди многих анизотропных сегнетоэлектрических материалов на основе титаната свинца очень важных свинцово-кальциевые керамики вследствие их наилучших пьезоэлектрических и сегнетоэлектрических свойств. Замещение свинца в титанате свинца ионами кальция приводит к образованию системы непрерывных изовалентных твердых растворов катионного типа $Pb_{1-x}Ca_xTiO_3$ (PCT). В работе рассмотрена структура PCT на основе гибридизации Pb-O, Ti-O электронныхорбиталей. Замещение ионами кальция ионов свинца приводит к понижению эффективного заряда ионов Ti в октаэдрах TiO_6, сильно подверженных поляризации и смещению из центра кристаллической ячейки. При x = 0,3–0,4 (Ca^{2+}) растут сегнетоэлектрические свойства PCT. С помощью метода математического моделирования исследованы пьезоэлектрические свойства керамики PCT с x = 0; 0,1; 0,23; 0,25.

Ключевые слова:пьезоэлектрическая керамика, анизотропия, титанат свинца – кальция, кристаллическая структура, химическая связь

CRYSTALCHEMISTRYENDPIEZOELECTRICPROPERTIESOFCERAMIC $Pb_{1-x}Ca_xTiO_3$

[1]Rastoropov S.B., [2]Panich A.E., [3]Borodin V.Z., [4]Snezhkov V.I.

[1,2]SDTD «Piezopribor», Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: info@sfedu. ru;

[3]Russian State Hydrometeorological University, Rostov-on-Don, e-mail: rggmurd@yandex.ru;

[4]Rostov State University of Civil Engeneering, Rostov-on-Don, e-mail: rgsu@rgsu.ru

Piezoelectric ceramic materials with high anisotropy of piezoelectric effect widely investigated for their applications in high frequency devices, non – destructive testing, hydroacoustics, medical diagnostics and others. Among several anisotropic lead – based titanate are important materials because of their better piezoelectric and ferroelectric properties. Substitution of Ca for Pb in $PbTiO_3$ results in the isovalentcation solid solution in the $Pb_{1-x}Ca_xTiO_3$ system (PCT). In this work the structure of PCT on the base of hybridization of Pb – O, Ti – O orbitals was consider. Replacemant of Ca^{2+} decreases of effective charge of Ti-ions in TiO_6 – octahedron, strong subject to polarization and displacement from the centre of crystal lattice cell. At x = 0,3–0,4 (Ca^{2+}) the ferroelectrical properties of PCT are grow. We were investigated (with mathematical modeling) piezoelectrical properties of cerami9c PCT with x = 0; 0,1; 0,23; 0,25.

Keywords: piezoelectric ceramics, anisotropy, lead – calcium titanate, crystal structure, chemical bond

Пьезоэлектрические материалы, обладающие высокой анизотропией пьезоэффекта $\frac{d_{33}}{|d_{31}|} \geq 3$, представляют большой интерес для различных областей современной техники (см. табл.) [1, 2]. К ним следует отнести твердые растворы на основе титаната свинца $PbTiO_3$, модифицированные кальцием, введение которого приводит к возрастанию $\frac{d_{33}}{|d_{31}|}$. В работе прослежено влияние изменения содержания кальция на структуру и пьезоэлектрические свойства керамики $Pb_{1-x}Ca_xTiO_3$ (PCT). В последнее время внимание многих авторов сосредоточено на исследовании тонких пленок и других нанообъектов PCT [3, 4].

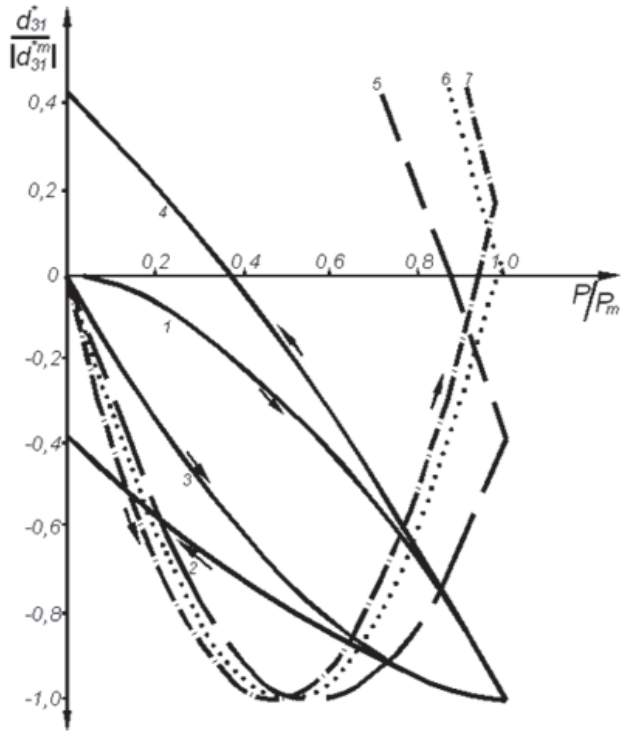
Керамика PCT – твердые растворы катионного замещения изовалентного типа с непрерывным переходом химического состава от $PbTiO_3$тетрагонального типа структуры к ромбическому $CaTiO_3$. Внедрение кальция в решетку $PbTiO_3$ уменьшает степень тетрагональности c/a в ряду: 1,075 ($PbTiO_3$); 1,049 (x = 0,1); 1,025 (x = 0,25); 1,000 (x = 0,75) [5]. Пьезоэлектрические свойства $PbTiO_3$ определяются ковалентным характером свинца, что не свойственно бессвинцовым перовскитам, например, $BaTiO_3$ и другим [6]. С помощью расчетов показана сильная гибридизация 6s – орбиталей свинца и 2p – орбиталей кислорода в $PbTiO_3$, по сравнению с $BaTiO_3$, что связано с меньшим ионным радиусом $r(Pb^{2+})$ = 0,126 нм, чем $r(Ba^{2+})$ = 0,138 нм. Гибридизация связи Pb–O вызывает косвенно деформацию связи Ti – Oи гибридизацию 3d – орбиталей титана и 2p – орбиталей кислорода. Сегнетоэлектрические характеристики PCT возрастают вследствие наличия в элементарной ячейке его кристаллов окта-

эдра TiO_6, сильно подверженного поляризации. К тому же титан не полностью ионизирован до Ti^{4+}, его зарядовая плотность $Ti^{+2,89}$, а у кислорода $O^{-1,63}$. Гибридизация орбиталей свинца и кислорода стабилизирует тетрагональную фазу $PbTiO_3$. Так как Ca^{2+} менее электроотрицателен, чем ионы Pb^{2+} и титана (1,00; 2,33; 1,54 соответственно), то зарядовая плотность электронов $PbTiO_3$ перетянута к свинцу и титану, что понижает положительный эффективный заряд последних. Это повышает энергию их орбиталей и понижает гибридизацию Pb (6s) – O (2p), Ti (3d) – O (2p).

Пьезокерамические материалы на основе $PbTiO_3$ [1]

Материал / Параметр	$\frac{\varepsilon_{33}^T}{\varepsilon_0}$	tgδ, 10^{-3}	T_c, °C	K_p	K_t	K_t/K_p	d_{33}, 10^{-12}, Кл/Н	$-d_{31}$, 10^{-12}, Кл/Н	$\frac{d_{33}}{\lvert d_{31}\rvert}$	Q_M^T
ТС-1(Россия)	360	20	200	–	–	–	75	9	8,3	–
P_z-32 (Дания)	280	6	400	0,07	0,45	6,4	60	5	12	500
РТ-2 (Великобритания)	210	20	255	–	–	–	68	3	22,7	1100
ВМ-300 (Канада)	200	2	225	0,05	–	–	70	3	23,3	800
Vibrit 372 (Германия)	300	–	> 400	0,02	–	–	85	5	17	20
Т-16 (Франция)	190	7	250	0,02	0,52	26	62	–	–	–
М-6 (Япония)	215	20	250	0,04	0,51	12,8	71	3,7	19,2	850
С-24 (Япония)	209	–	255	0,04	0,52	13	68,2	3,2	21,3	920
Type 700 Евростандарт CENELEC	150–300	30	230	0,1	0,35–0,45	3,5–4,5	40	–	–	500
Nova3B(США)	–	–	350	< 0,01	0,515	> 51,5	70	0	→∞	300
ПКР-40 (Россия)	180	10	440	0,07	0,44	6,3	52	5,0	10,4	2000
ПКР-72 (Россия)	150	2	277	0	0,63	→∞	100	0	→∞	6

Примечание. ТС-1, ПКР-40, –72 разработаны в НКТБ «Пьезоприбор» и НИИ Физики ЮФУ.



Расчетные зависимости $d^*_{31}/|d^*_{31}| = f(P/P_m)$:
1–2 – керамика $BaTiO_3$; 3–4 – керамика $PbTiO_3$; 5–6–7 – керамика $Pb_{1-x}Ca_xTiO_3$ для x = 0,1; 0,23; 0,25 соответственно

Рентгеноструктурные исследования показали, что внедрение Са в РСТ от $x = 0$ до 1 вызывает структурный фазовый переход изтетрагональной в кубическую фазу при $x = 0{,}4$–$0{,}7$ и далее в ромбическую при $x > 0{,}7$ [7]. В керамике РСТ отмечается возрастание сегнетоэлектрических свойств при $x = 0{,}3$–$0{,}4$.

Нами исследованы пьезосвойства керамики РСТ с $x = 0$; 0,1; 0,23; 0,25 (рисунок).

Проведено моделирование зависимости пьезомодулей d_{33}^* и d_{31}^* от величины поляризации при увеличении P/P_m (поляризация) и последующем уменьшении (деполяризация). Применена схема прямого усреднения с использованием данных для соответствующих монокристаллов [8]. Аналогичные зависимости для $BaTiO_3$и $PbTiO_3$ качественно согласуются с полученными при использовании более строгих схем усреднения и экспериментальными данными. У керамики РСТ пьезомодуль $\left|d_{31}^*\right|$ увеличением P/P_m проходит через максимум (рисунок). При достижении максимума поляризации с ростом x величина $-d_{31}^*$ – вначале стремится к нулю, меняет знак, затем при $x > 0{,}25$ убывает со сменой знака на обратный. Обращение в нуль и смена знака $\left|d_{31}^*\right|$ у керамик с $x < 0{,}23$ возможны при частичной деполяризации после снятия поляризующего поля ($x = 0{,}1$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расторопов С.Б., Панич А.Е., Дробашева Т.И. Высокоанизотропные пьезокерамические материалы на основе титаната свинца для современной техники // Строительство – 2011: матер. Междун. науч.-практич. конф. (Ростов н/Д/, апрель 2011 г.). – Ростов н/Д/, 2011. – С. 243–245.

2. Damjanovic D. Lead based piezoelectric materials // Piezoelectric and acoustic materials for transducer applications. – New York etc.: Springer, 2008. – P. 59–80.

3. Nanoscale imaging of elastic and piezoelectric properties of nanocrystalline lead calcium titanate // Surface Science. – 2003. – Vol. 532–535. – P. 450–455.

4. Negi N.S., Sharma D.R., Rastogi C. Ferroelectric properties and fatigue behavior of (Pb0,5Ca0,5)TiO3 thin film // Integr. Ferroelectrics. – 2009. – Vol. 107. – P. 69–82.

5. Pb1-xCaxTiO3 solid solution (x = 0. 0,25, 0.50 and 0.75): a theoretical and experimental approach // Phys. Rev. B. – 2007. – Vol. 75. – P. 144111-1–144111-9.

6. Cohen R.E. Origin of ferroelectricityin perovskite oxides // Nature. – 1992. – Vol. 358. – P. 136–138.

7. Tan T.C., Krishna K.K.P., Chiou T.W., Tsai M.H., Shih H.M., Shih H.L., Hsueh H.C., Ray S.C. Asokan K., Pong W.F., Tsai M.H., Kuo S.Y., Hsieh W.F. Effect of Ca content on the electronic structure of Pb1-xCaxTiO3 perovskites // Appl. Phys. Lett. – 2003. – Vol. 83, № 16. – P. 3311–3313.

8. Turik A.V., TopolovV.Yu., Chernobabov A.N., Domain-switching degree and field dependences of piezoelectric constants in ferroelectric ceramics // Electroceramics V: Proc. Intern. Conf.Electronic Ceramics and & Applications (Aveiro. Portugal, Sept. 2–4, 1996). – Aveiro, 1996, Book I. – P. 157–160.

«Технические науки и современное производство», Франция (Париж), 14-21 октября 2012 г.

Технические науки

КОМПОЗИЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ СВОЙСТВ

Стородубцева Т.Н., Томилин А.И.

Воронежская государственная лесотехническая академия, Воронеж, e-mail: tamara-tns@yandex.ru

Перечислены результаты исследований строительных композиционных материалов, состоящих из компонентов, отличающихся по своим генезисом и свойствам, предлагаемых для объектов специального назначения на транспорте.

При строительстве промышленных и транспортных объектов специального назначения в изделиях и конструкциях достаточно широко применяются различные композиционные материалы (КМ), вид которых определяется реализуемыми технологическими процессами создаваемых производств и условиями их эксплуатации. К ним относятся: покрытия полов, фундаменты, корпуса аппаратов и емкостей, лотки и отстойники сточных технологических вод, шпалы верхнего строения железных дорог и метрополитенов, лесовозных и трамвайных путей, переезды, платформы, подверженные воздействию химически активных жидкостей, грунтовых вод, атмосферных осадков, переменных температур, что и предопределяет необходимость обеспечения особых свойств этих материалов, основными из которых являются коррозионная стойкость, долговечность и экологическая безопасность [1].

Учитывая острую необходимость повышения экономической эффективности широкого использования техногенных продуктов лесного комплекса, химической промышленности и местного сырья, основное внимание уделялось разработке стекло- и древесностекловолокнистых композиционных материалов (СВКМ, ДСВКМ), главные исходные компоненты которых отличались по своим генезису и свойствам.

Совершенствование КМ потребовало детального изучения как взаимосвязи появляющихся внутренних сил и определяющих их факторов в процессах изготовления конструкций, так и в условиях их эксплуатации при различных видах силовых воздействий.

В частности, выполнены следующие исследования:

– с позиций положений физической и коллоидной химии, физико-химии поверхностей и механики композиционных материалов даны оценки свойствам структурообразующих компонентов ДСВКМ, которые определяют эксплуатационные характеристики и технологию производства изделий;

– установлены зависимости основных механических характеристик полимерно-песчаной матрицы композитов на смоле ФАМ от массовой доли и свойств основных компонентов, технологии их дозирования и перемешивания;

– оценена роль синергетических эффектов взаимодействия компонентов ДСВКМ, определено их оптимальное количество, обеспечивающее получение заданных свойств конечных композитов и экономическую целесообразность;

– предложены математические модели, отражающие физический смысл процессов формирования структуры разрабатываемых композиционных материалов и модели, необходимые для расчета напряжений и деформаций в объеме ДСВКМ под действием факторов температуры и усадки, проявляющихся при полимеризации смолы ФАМ, технологическом прогреве изделий, остывании и увлажнении в процессе эксплуатации, количественной оценки их влияния и установлении причин появления микро- и макротрещин, а затем их устранения;

– доказана возможность комплексной защиты композиционных материалов от разрушающего действия давления стесненного набухания древесного армирующего заполнителя, которая осуществляется за счет введения в состав матрицы ДСВКМ модифицирующих наполнителей, а также пропитки поверхности изделия и этого заполнителя. В последнем случае был впервые использован факт того, что процесс разбухания древесины прекращается при достижении предела насыщения, равного 30%, не только водой, но и гидрофобизирующими соединениями, предпочтительно линейных углеводородов, и оценена их стойкость в условиях эксплуатации;

– разработаны новые методы прогнозирования и оценки длительной прочности и ожидаемой долговечности ДСВКМ по результатам исследований процессов ползучести при изгибе без и при одновременном обводнении, определены величины пределов длительного сопротивления, длительных секущих модулей деформации, коэффициентов длительности и длительных деформационных коэффициентов, а также доказана неизменность структуры материала при такого рода воздействиях;

– экспериментально подтверждена гипотеза о том, что условный предел пропорциональности – это напряжение, соответствующее пределу длительного сопротивления конструкционных композиционных материалов;

– скорректированы на уровне изобретений теоретические и предложены на их основе

производственные составы ДСВКМ (таблица), определены их физико-механические характеристики, а также коэффициенты химической и атмосферостойкости;

– разработаны технологические линии и регламенты производства изделий, в том числе железнодорожных шпал и брусьев стрелочных переводов, методом литьевого виброформования (отливки), снабженных новым видом узла крепления к ним рельсов;

– определены области применения из ДСВКМ на объектах промышленного и транспортного строительства для изделий специального назначения, применяемых в суровых условиях эксплуатации, доказана их экологическая безопасность и технико-экономическая эффективность.

Модифицированный состав ДСВКМ со щепой на одно изделие и 1 м^3 с использованием патента № 2098375

№ п/п	Компоненты ДСВКМ, $К_i$	Состав		Содержание компонентов, P_i	
		м.ч.	% по массе – M_i	в изделии	в 1 м^3
1	ФАМ	5,58	18,6	33,6	280
2	БСК	1,38	4,6	8,4	70
3	П и ПМ	16,35	54,5	98,0	817
5	Гр	1,17	3,9	7,0	58,0
6	ПО	1,17	3,9	7,0	58,0
7	СС	0,84	2,8	5,0	42,0
8	Щ + ОММ*	3,51	11,7	21,0	175
	Итого:	30,0 м.ч.	100%	$Р_и$ = 180 кг	1500 кг

Примечание: фурфуролацетоновая смола (ФАМ) – вяжущее, бензолсульфокислота (БСК) – катализатор ее отверждения, песок (П), наполнители в виде графитовой и пиритовой муки (Гр, ПО), стеклосетка (СС) и кусковые отходы переработки древесины (Щ) – армирующие заполнители, ОММ* – отработанное машинное масло, применяемое для защиты заполнителей.

Так, ожидаемый экономический эффект с учетом эксплуатационных расходов при запланированном выпуске 375 тыс. штук шпал в год составит 130 млн. рублей (по сравнению с деревянными) и 16 млн. рублей (по сравнению с железобетонными).

Список литературы

1. Стородубцева Т.Н. Композиционный материал на основе древесины для железнодорожных шпал: Трещиностойкость под действием физических факторов: монография; ВГЛТА. – Воронеж, 2002. – 216 с.

ВЫСОКОМОМЕНТНЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВИГАТЕЛЬ МОТОР-КОЛЕСА

Чильдинов П.А.

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, e-mail: paulchild@mail.ru

Бурный рост городского автотранспорта привел к необходимости разработки машин, не загрязняющих воздушные бассейны выхлопными газами, имеющих низкий уровень шума и прогрессивные конструктивные решения. Современные технические системы имеют ряд недостатков по своим техническим и экономическим показателям за счет наличия редуктора, т.к. всегда предполагается определенный процент потерь передаваемой мощности за счет сил трения [1]. Новая концепция безредукторного привода исключает многие механические потери между двигателем и рабочим агрегатом. При выполнении привода ведущих колес по типу «мотор-колесо», в едином агрегате конструктивно объединены тяговый электродвигатель и механическая передача, соединяющая его с колесным движителем [2].

В качестве двигателя безредукторного привода выбран и спроектирован вариант бесконтактной синхронной электрической машины с кольцевой обмоткой на статоре и высококоэрцитивными постоянными магнитами на роторе, что обеспечивает более широкие функциональные возможности в самых тяжелых условиях и режимах по сравнению с асинхронной. При этом для большинства объектов управления бесконтактный двигатель выполняется тихоходным. Высокий КПД – характерный признак такого низкооборотного, но высокомоментного двигателя с частотным управлением [3]. Магнитоэлектрический двигатель способен также работать в режиме генератора электрической энергии. Конструкция якоря электрической машины позволяет упростить обмотку, обеспечить надежное крепление обмотки к сердечнику, защитить обмотку от различных воздействий. За счет очень малых лобовых частей кольцевой обмотки электрическая машина имеет лучшие энергетические и массогабаритные характеристики.

Список литературы

1. Ставров О.А. Перспективы создания эффективного электромобиля. – М.: Наука, 1984. – 88 с.

2. Яковлев А.И. Конструкция и расчет электромоторколес. – М.: Машиностроение, 1970. – 238 с.

3. Исмагилов Ф.Р. Электромагнитные элементы систем управления со сложной геометрией ротора. – Уфа: УГАТУ, 1997. – 139 с.

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК ТИПА ШАР В СУХИХ ФОРМАХ

Юрин Ю.М.

Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород, e-mail: Jumagavrilov@yandex.ru

В литейной практике на этапе эскизной проработки технологии приходится решать вопросы о продолжительности затвердевания и охлаждения отливок в форме. Предельно простой и оперативный способ расчета основан на использовании номограмм [1–4].

В данной статье представлены формулы (вывод в монографии [4]) для расчета времени отвода теплоты перегрева $\tau_п$, скорости $d\xi_L/d\tau$, $d\xi_S/d\tau$ и времени τ_L, τ_S продвижения фронтов ликвидуса и солидуса соответственно на заданную глубину, времени охлаждения $\tau_{охл}$ до заданной температуры и длительность $\tau_{ф.пр}$ фазового превращения стальных отливок типа шар в сухих формах:

$$\tau_п = \frac{3(n+3)}{n}\cdot\frac{K_п\beta}{a_{фп}\delta T}\left(\frac{R}{3}\right)^2\left[D_3 - D_6 - D_7 - D_{10} - \frac{1}{6}B_6\times\right.$$

$$\times\ln\left|\frac{(D_4 + D_3B_6 + B_8)(D_9 - D_7B_6 + B_8)}{(D_8 + D_6B_6 + B_8)(D_{12} - D_{10}B_6 + B_8)}\right| - \frac{1}{2}B_4\cdot\ln\left|\frac{(D_3 + B_4)(D_7 - B_4)}{(D_6 + B_4)(D_{10} - B_4)}\right| + \frac{1}{6}B_4\times$$

$$\times\ln\left|\frac{(D_4 - D_3B_4 + B_5)(D_9 + D_7B_4 + B_5)}{(D_8 - D_6B_4 + B_5)(D_{12} + D_{10}B_4 + B_5)}\right| + \frac{1}{3}B_6\cdot\ln\left|\frac{(D_3 - B_6)(D_7 + B_6)}{(D_6 - B_6)(D_{10} + B_6)}\right| + \frac{1}{\sqrt{3}}B_6\times$$

$$\times\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{2D_7 - B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_{10} - B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_3 + B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_6 + B_6}{\sqrt{3}B_6}\right)\right] +$$

$$\left. + \frac{1}{\sqrt{3}}B_4\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{2D_7 + B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_{10} + B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_3 - B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_6 - B_4}{\sqrt{3}B_4}\right)\right] - \frac{1}{3}\ln|B|,\right.$$

здесь

$$D_3 = \sqrt[3]{A_6 + \sqrt{A_5^3 + A_6^2}};\quad D_7 = \sqrt[3]{\sqrt{A_5^3 + A_6^2} - A_6};$$

$$D_6 = \sqrt[3]{A_3 + \sqrt{A_5^3 + A_3^2}};\quad D_{10} = \sqrt[3]{\sqrt{A_5^3 + A_3^2} - A_3};$$

$$D_9 = D_7^2;\quad D_8 = D_6^2;\quad D_{12} = D_{10}^2;\quad D_4 = D_3^2;\quad B_8 = B_6^2;\quad B_5 = B_4^2;$$

$$B_4 = \sqrt[3]{\sqrt{A_5^3 + \left(\frac{A_4}{\delta T_п} - A_3\right)^2} + \left(\frac{A_4}{\delta T_п} - A_3\right)^2};$$

$$B_6 = \sqrt[3]{\sqrt{A_5^3 + \left(\frac{A_4}{\delta T_п} - A_3\right)^2} + \left(\frac{A_4}{\delta T_п} - A_3\right)^2};$$

$$\frac{dx_L}{d\tau} = \frac{1}{R}\frac{d\xi_L}{d\tau} = \frac{n}{(n+3)}\frac{a_ф y_3(x_L)}{(R/3)^2}\times$$

$$\times\left[\sqrt[3]{A_3 + A_4y(x_L) + \sqrt{A_5^3 + (A_5 + A_4y(x_L))^2}} + \sqrt[3]{A_3 + A_4y(x_L) - \sqrt{A_5^3 + (A_5 + A_4y(x_L))^2}} - 1\right]^{-1}\times$$

$$\times\left[(n_o+3)K_п B_1'''(1-x_L)^{n_o+2} + K_{тж}\frac{\Delta T_o}{\Delta T_{кр}}y_{11}(x_L) + \frac{K_{кр}c}{a}\frac{y_8(x_L)y_{11}(x_L) - y_{12}(x_L)}{y_8(x_L)^2}\right]^{-1};$$

$$\tau_L = \frac{(n+3)}{na_{\text{ф}}}\left(\frac{R}{3}\right)^2 \int_0^{x_L} \frac{1}{y_3(x_L)} \left\{\left[\sqrt[3]{A_3 + A_4 y(x_L) + \sqrt{A_5^3 + (A_5 + A_4 y(x_L))^2}} + \right.\right.$$

$$\left. + \sqrt[3]{A_3 + A_4 y(x_L) - \sqrt{A_5^3 + (A_5 + A_4 y(x_L))^2}} - 1\right] \times$$

$$\left. \times \left[(n_o + 3)\, K_{\text{п}} B_1'''(1 - x_L)^{n_o + 2} + K_{\text{тж}} \frac{\Delta T_o}{\Delta T_{\text{кр}}} y_{11}(x_L) + \frac{K_{\text{кр}} c}{a} \frac{y_8(x_L) y_{11}(x_L) - y_{12}(x_L)}{y_8(x_L)^2} \right] \right\} dx_L;$$

$$\frac{dx_S}{d\tau} = \frac{1}{R}\frac{d\xi_s}{d\tau} = \frac{n}{n+3}\frac{a_{\text{ф}}}{\beta(R/3)^2}\left[\delta T_o \left[[(1 - x_S)^{n_o} - \frac{3}{n_o + 3}] \right] + 1 \right] \times$$

$$\times \left[3K_{\text{кр}}^{\bullet\bullet}(1 - x_s)^2 + K_{\rho c}\frac{\Delta T_o}{\Delta T_s} f_{11}(x_s) + K_{\text{тж}} f_5(x_s) + K_{\text{кр}} c \frac{f_3(x_s) f_5(x_s) - f_4(x_s) f_6(x_s)}{f_3(x_s)^2} \right]^{-1} \times$$

$$\times \left[\sqrt[3]{A_3 + A_4\varphi(x_s) + \sqrt{A_5^3 + (A_3 + A_4\varphi(x_s))^2}} + \sqrt[3]{A_3 + A_4\varphi(x_s) - \sqrt{A_5^3 + (A_3 + A_4\varphi(x_s))^2}} - 1 \right]^{-1};$$

$$\tau_s = \frac{n+3}{na_{\text{ф}}}\beta(R/3)^2 \int_0^{x_s} \left[\left[\sqrt[3]{A_3 + A_4\varphi(x_s) + \sqrt{A_5^3 + (A_3 + A_4\varphi(x_s))^2}} + \right.\right.$$

$$\left. \left. + \sqrt[3]{A_3 + A_4\varphi(x_s) - \sqrt{A_5^3 + (A_3 + A_4\varphi(x_s))^2}} - 1 \right] \Big/ y_3(x_s) \right] \times$$

$$\times \left[3K_{\text{кр}}^{\bullet\bullet}(1 - x_s)^2 + K_{\rho c}\frac{\Delta T_o}{\Delta T_s} f_{11}(x_s) + K_{\text{тж}} f_5(x_s) + K_{\text{кр}} c \frac{f_3(x_s) f_5(x_s) - f_4(x_s) f_6(x_s)}{f_3(x_s)^2} \right]^{-1} dx_s;$$

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{3(n+3)}{na_{\text{ф}}}\left(\frac{R}{3}\right)^2 K_{\rho c}\beta \left[D_3 - D_6 - D_7 + D_{10} - \frac{1}{6}B_6 \times \right.$$

$$\times \ln\left|\frac{(D_4 + D_3 B_6 + B_8)(D_9 - D_7 B_6 + B_8)}{(D_8 + D_6 B_6 + B_8)(D_{12} - D_{10} B_6 + B_8)}\right| - \frac{1}{3}B_4 \ln\left|\frac{(D_3 + B_4)(D_7 - B_4)}{(D_6 + B_4)(D_{10} - B_4)}\right| + \frac{1}{6}B_4 \times$$

$$\times \ln\left|\frac{(D_4 - D_3 B_4 + B_5)(D_9 + D_7 B_4 + B_5)}{(D_8 - D_6 B_4 + B_5)(D_{12} + D_{10} B_4 + B_5)}\right| + \frac{1}{3}B_6 \ln\left|\frac{(D_3 - B_6)(D_7 + B_6)}{(D_6 - B_6)(D_{10} + B_6)}\right| + \frac{1}{\sqrt{3}} \times$$

$$\times B_6 \left[\operatorname{arctg}\left(\frac{2D_7 - B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_{10} - B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_3 + B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_6 + B_6}{\sqrt{3}B_6}\right) \right] +$$

$$+ \frac{1}{\sqrt{3}} B_4 \left[\operatorname{arctg}\left(\frac{2D_7 + B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_{10} + B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_3 - B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) + \right.$$

$$\left. \left. + \operatorname{arctg}\left(\frac{2D_6 - B_4}{\sqrt{3}B_4}\right) \right] - \frac{1}{3}\ln\frac{\theta_o}{\theta} \right],$$

здесь

$$D_3 = \sqrt[3]{A_3 + A_4(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta)\beta/\theta + \sqrt{A_5^3 + \left[A_3 + A_4(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta)\beta/\theta\right]^2}};$$

$$D_6 = \sqrt[3]{A_3 + A_4(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta_o)\beta/\theta_o + \sqrt{A_5^3 + \left[A_3 + A_4(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta_o)\beta/\theta_o\right]^2}};$$

$$D_7 = \sqrt[3]{-\left(A_3 + A_4\left(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta\right)\beta/\theta\right) + \sqrt{A_5^3 + \left[A_3 + A_4(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta)\beta/\theta\right]^2}};$$

$$D_{10} = \sqrt[3]{-\left(A_3 + A_4\left(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta_o\right)\beta/\theta_o\right) + \sqrt{A_5^3 + \left[A_3 + A_4\left(K_{\text{нф}} - K_{\rho c}\theta_o\right)\beta/\theta_o\right]^2}};$$

$$B_4 = \sqrt[3]{\sqrt{A_5^3 + \left(A_4 K_{\rho c}\beta - A_3\right)^2} + \left(A_4 K_{\rho c}\beta - A_3\right)};$$

$$B_6 = \sqrt[3]{\sqrt{A_5^3 + \left(A_4 K_{\rho c}\beta - A_3\right)^2} - \left(A_4 K_{\rho c}\beta - A_3\right)};$$

$$D_9 = D_7^2;\ \ D_8 = D_6^2;\ \ D_{12} = D_{10}^2;\ \ D_4 = D_3^2;\ \ B_8 = B_6^2;\ \ B_5 = B_4^2;$$

$$\tau_{\text{ф.пр}} = \frac{(n+3)}{9na_{\text{ф}}} = \beta R^2 \int_0^{\xi_{\text{ф.пр}}} \left[\sqrt[3]{A_3 + A_4 f\left(x_{\text{ф.пр}}\right) + \sqrt{A_5^3 + (A_3 + A_4 f(x_{\text{ф.пр}})^2}} + \right.$$

$$+\sqrt[3]{A_3 + A_4 f\left(x_{\text{ф.пр}}\right) - \sqrt{A_5^3 + (A_3 + A_4 f(x_{\text{ф.пр}})^2}}\left.\right]\left[(n_{\text{o}}+3)\,K_{\rho c}\,B_5\left(1 - x_{\text{ф.пр}}\right)^{n_o+2} + \right.$$

$$+3K_{\text{ф.пр}}\left(1 - 2\,x_{\text{ф.пр}} + x_{\text{ф.пр}}^2\right) + K_{\rho c}B_3\left(n_{\text{o}}+1\right)\left[f_3(x_{\text{ф.пр}})\,f_2(x_{\text{ф.пр}}) + f_1(x_{\text{ф.пр}})f_4(x_{\text{ф.пр}})\right]\left.\right]\times$$

$$\times\left[\delta T_o(1 - x_{\text{ф.пр}})n_o + (\theta_{\text{ф.пр}} - 3\,\delta T_o/(n_o + 3)\right]^{-1} d\xi_{\text{ф.пр}},$$

где n – показатель распределения температуры по толщине прогретого слоя формы; n_{o} – показатель распределения температуры по толщине отливки; $a_{\text{ф}}$ – температуропроводность прогретого слоя формы; $\delta T_{\text{п}}$ – приведенная относительная температура перегрева залитого в форму жидкого металла; $\delta T_{\text{кр}}$ – приведенная относительная температура интервала кристаллизации; $\theta_{\text{п}}$ – относительная температура жидкого металла в процессе отвода теплоты перегрева; δT_{o} – приведенный относительный перепад температуры по толщине отливки; T_{o} – среднеинтегральная температура по толщине отливки в процессах отвода теплоты перегрева, затвердевания и охлаждения; β – коэффициент, характеризующий перепад температуры между отливкой и внутренней поверхностью формы, $\beta \geq 1$; T_S – температура солидуса; $\Delta T_{\text{кр}} = (T_L - T_S)$ – температурный интервал кристаллизации; $\rho_{\text{ж}}$, $\rho_{\text{тж}}$, $\rho_{\text{т}}$, ρ_{o} – плотность жидкого, твердожидкого, затвердевшего и охлаждающегося металла; $c_{\text{ж}}$, $c_{\text{тж}}$, $c_{\text{т}}$, c_{o} – удельная теплоемкость жидкого, твердожидкого, затвердевшего и охлаждающегося металла; $\rho_{\text{ф}}$ – плотность формы; $c_{\text{ф}}$ – средняя удельная теплоемкость прогретого слоя формы в интервале температур ($T_{\text{нф}}...T_{\text{пф}}$); $T_{\text{нф}}$ – температура стенок формы перед заливкой ее жидким металлом; R – приведенный размер отливки; $T_{\text{пф}}$ – температура внутренней поверхности формы; $\Delta T_{\text{п}} = (T_{\text{з}} - T_L)$ – перегрев залитого в форму жидкого металла над температурой ликвидуса; $T_{\text{з}}$ – температуры залитого в форму жидкого металла над температурой ликвидуса T_L; L – удельная теплота кристаллизации; ψ – относительное количество твердой фазы в затвердевающем металле; $K_{\text{п}}$ – относительная объёмная теплота перегрева залитого в форму жидкого металла; $K_{\text{тж}}$ – относительная объёмная теплота твердожидкого металла; $K_{\text{кр}}$ – относительная объёмная теплота кристаллизации; $K_{\text{нф}}$ – относительная объемная плотность теплоты перегрева, кристаллизации и охлаждения; a, b, c – постоянные коэффициенты, численное значение которых зависит от процентного содержания углерода в стали, причем $c = a + b$; $x_L = \xi_L/R$ – относительная глубина фронта ликвидуса; ξ_L – глубина фронта ликвидуса; $x_S = = \xi_S/R$ – относительная глубина фронта солидуса; ξ_S – глубина фронта солидуса; $\theta_{\text{ф.пр}}$ – относительная температура фазового превращения; $K_{\text{ф.пр}}$ – относительная объемная теплота фазового превращения; $L_{\text{ф.пр}}$ – удельная теплота фазового превращения; $K_{\rho c}$ – относительная объемная теплота охлаждения отливки; $L_{\text{эф}}$ – эффективная удельная теплота кристаллизации; $x_{\text{ф.пр}} = \xi_{\text{ф.пр}}/R$ – относительная глубина фронта фазового превращения; $\xi_{\text{ф.пр}}$ – глубина фронта фазового превращения;

$$A_3 = \frac{(5n+6)}{4(n+3)};\ \ A_4 = K_n\beta\frac{3^2(n+1)(n+2)}{4(n+3)^2};\ \ A_5 = \frac{n}{2(n+3)};\ \ A_6 = A_3 + A_4 \cdot \frac{1 - \theta_{\text{п}}}{\theta_{\text{п}}\delta T_{\text{п}} + \delta T_{\text{кр}} + 1};$$

$$\theta_{\text{п}} = \frac{T_o - T_L}{\Delta T_{\text{п}}};\ \ K_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{ж}} c_{\text{ж}} \Delta T_{\text{п}}}{\rho_{\text{ф}} c_{\text{ф}}\left(T_S - T_{\text{нф}}\right)};\ \ \beta = \frac{T_o - T_{\text{нф}}}{T_{\text{пф}} - T_{\text{нф}}};$$

$$\delta T_{\text{п}} = \frac{\Delta T_{\text{п}}}{T_S - T_{\text{нф}}};\ \ \delta T_{\text{кр}} = \frac{\Delta T_{\text{кр}}}{T_S - T_{\text{нф}}};\ \ \delta T_{\text{o}} = \frac{\Delta T_{\text{o}}}{T_S - T_{\text{нф}}};$$

$$y_3(x_L) = [G_1 y_1(x_L) + G_2]/\beta;\ \ y_9(x_L) = y_2(x_L)y_6(x_L);\ \ y_{11}(x_L) = y_6(x_L)y_5(x_L) + y_4(x_L)y_7(x_L);$$

$$y(x_L)=\frac{K_n\left[(1-B_1'''y_1(x_L))(1-x_L)^3+K_{\xi L}\right]+K_{\text{тж}}\dfrac{\Delta T_o}{\Delta T_{\text{кр}}}y_4(x_L)y_5(x_L)+\dfrac{K_{\text{кр}}c}{a}\dfrac{y_4(x_L)y_5(x_L)}{y_4(x_L)y_5(x_L)+B_6}}{y_3(x_L)};$$

$$y_1(x_L)=(1-x_L)^{n_o};\quad y_4(x_L)=\frac{1-y_1(x_L)}{1-x_L+\frac{1}{3}x_L^2};\quad G_1=\frac{\Delta T_o}{T_s-T_{\text{нф}}};\quad B'''=\frac{\Delta T_{\text{о}}}{\Delta T_{\text{п}}}\frac{n_{\text{о}}}{(n_{\text{о}}+3)};$$

$$B_6=\frac{b}{a}\frac{\Delta T_{\text{кр}}}{\Delta T_{\text{о}}};\quad y_2(x_L)=\frac{(1-x_L)^2}{n_o+1}\left(+\frac{2x_L(1-x_L)}{n_o+2}+\frac{x_L^2}{(n_o+3)}\right);\quad K_{\xi L}=3x_L\left(1-x_L+\frac{1}{3}x_L^2\right);$$

$$G_2=1+\delta T_{\text{кр}}-G_1\frac{3}{n_o+3};\quad y_5(x_L)=\left(\frac{(1-x_L)^2}{n_o+1}+\frac{2x_L(1-x_L)}{n_o+2}+\frac{x_L^2}{(n_o+3)}\right)\cdot K_{\xi L};$$

$$y_6(x_L)=\frac{n_o(1-x_L)^{n_o-1}\left(1-x_L+\frac{1}{3}x_L^2\right)+\left(1-\frac{2}{3}x_L\right)\left[1-(1-x_L)^{n_o}\right]}{\left(1-x_L+\frac{1}{3}x_L^2\right)^2};$$

$$y_7(x_L)=3\cdot\left[\frac{(1-x_L)^2}{n_o+1}+\frac{2x_L(1-x_L)}{n_o+2}+\frac{x_L^2}{n_o+3}\right](1-x_L)^2+\left[\frac{2x_L}{n_o+3}-\frac{2(1-x_L)}{n_o+1}+\frac{2(1-2x_L)}{(n_o+2)}\right]K_{\xi L};$$

$$y_8(x_L)=y_4(x_L)\cdot y_2(x_L)+\frac{b}{a}\frac{\Delta T_{\text{кр}}}{\Delta T_o};\quad y_{10}(x_L)=2y_4(x_L)\left(\frac{x_L}{n_o+3}-\frac{(1-x_L)}{n_o+1}+\frac{(1-2x_L)}{(n_o+2)}\right);$$

$$y_{12}(x_L)=y_4(x_L)y_5(x_L)[\text{м}_9(x_L)-y_{10}(x_L)];\quad \psi=\frac{c}{a}\frac{y_4(x_L)y_5(x_L)}{y_4(x_L)y_5(x_L)+B_6};$$

$$\varphi(x_s)=\frac{K_n+K_{\text{кр}}K_{\xi_s}+[K_{\text{кр}}c/f_3(x_s)+K_{\text{тж}}]f_4(x_s)+K_{\rho c}\dfrac{\Delta T_o}{\Delta T_s}f_1(x_s)f_2(x_s)}{y_3(x_s)};$$

$$y_1(x_s)=(1-x_s)^{n_o};\quad f_1(x_s)=\frac{1-y_1(x_s)}{1-x_s+\frac{1}{3}x_s^2};\quad f_3(x_s)=a\left[1-B_2'''(1-x_s)^{n_o}\right]+b;$$

$$f_2(x_s)=\left(\frac{(1-x_s)^2}{n_o+1}-\frac{2(1-x_s)x_s}{n_o+2}+\frac{x_s^2}{n_o+3}\right)K_{\xi_s};\quad K_{\xi s}=3x_s\left(1-x_s+\frac{1}{3}x_s^2\right);$$

$$f_4(x_s)=\left[1-B_2'''(1-x_s)^{n_o}\right](1-x_s)^3;\quad y_3(x_s)=\left[\delta T_{\text{о}}\left[(1-x_s)^{n_o}-\frac{3}{n_o+3}\right]+1\right]\Big/\beta;$$

$$B_3=\frac{\Delta T_{\text{о}}}{\Delta T_s}\frac{1}{(n_o+1)};\quad K_{\text{тж}}=\frac{\rho_{\text{тж}}c_{\text{тж}}\Delta T_{\text{кр}}}{\rho_{\text{ф}}c_{\text{ф}}(T_s-T_{\text{нф}})};\quad K_{\text{кр}}=\frac{\rho_{\text{т}}L}{\rho_{\text{ф}}c_{\text{ф}}(T_S-T_{\text{нф}})};\quad \theta_{\text{ф.пр}}=\frac{T_{\text{ф.пр}}-T_{\text{нф}}}{T_s-T_{\text{нф}}};$$

$$K_{\text{кр}}^*=K_{\text{кр}}+K_{\text{тж}};\quad K_{\rho c}=\rho_{\text{о}}c_{\text{о}}/[\rho_{\text{ф}}c_{\text{ф}}];\quad K_{\text{нф}}=(K_{\text{п}}+K_{\text{кр}}^*+K_{\rho c});\quad K_{\text{ф.пр}}=\rho_{\text{о}}L_{\text{ф.пр}}/[\rho_{\text{ф}}c_{\text{ф}}(T_S-T_{\text{нф}}].$$

Расчет процессов затвердевания и охлаждения стальных отливок типа шар по представленным формулам представляет чрезвычайно сложную задачу. Для облегчения расчетов разработаны компьютерные программы. **Тип ЭВМ**: IBM PC – совместимые. Язык: C + + . **Операционная среда**: Windows XP [4]. Сведения о программе можно получить по электронному адресу: e-meil: Jumagavrilov@yandex.ru.

Список литературы

1. Юрин Ю.М. Расчет процесса затвердевания стальных отливок в сухих формах// Литейное производство. – 2007. – № 7. – С. 8–10.

2. Юрин Ю.М. Расчет времени затвердевания стальных отливок во влажных формах // Литейное производство. – 2007. – № 9. С. 19–22.

3. Юрин Ю.М. Расчет времени охлаждения стальных отливок в сухих формах // Литейное производство. – 2009. – № 1. – С. 6–9.

4. Юрин Ю.М. Расчет процессов затвердевания и охлаждения стальных отливок в формах с использованием номограмм и программ: монография; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е.Алексеева. – Нижний Новгород, 2010. – 276 с.

«Компьютерное моделирование в науке и технике», ОАЭ (Дубай), 16-23 октября 2012 г.

Технические науки

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И ЛАТЕНТНОГО АНАЛИЗА В ДИАГНОСТИКИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

[1]Гольтяпин В.В., [2]Лобачев А.И.

[1]Омский филиал ФГБУН Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Омск, e-mail: goltyapin@mail.ru;
[2]ГОУ «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», Омск, e-mail: a.lobachev@medteh-com.ru

В данной работе исследуется феномен артериальной гипертензии. Артериальная гипертензия является одной из наиболее значимых медико-социальных проблем Российской Федерации. Артериальная гипертензия – синдром повышенного артериального давления.

Гипертоническая болезнь одна из форм артериальной гипертензии – хроническое заболевание, основным клиническим признаком которого является длительное и стойкое повышение артериального давления. Согласно трех стадийной классификации гипертонической болезни первая стадия предполагает отсутствие поражения органов-мишеней, вторая стадия – присутствие изменений со стороны одного или нескольких органов-мишеней; диагноз третьей стадии устанавливается при наличии ассоциированных клинических состояний [1].

Первичной задачей исследования являлось выявление интегративных латентных характеристик, опирающихся на взаимозависимость измеряемых показателей. Для решения был выбран математический аппарат факторного анализа.Методы факторного анализа позволяют определять скрытые, неявные закономерности, объективно существующие в той или иной отрасли или науке. Как правило, эти данные не поддаются непосредственному изучению. Также факторный анализ помогает свести обширный статистический числовой материал к нескольким простым зависимостям [2].

Вторая задача данного исследования заключалась в формировании классов пациентов согласно выявленным латентно-интегративным характеристикам (факторам). Данная задача решалась посредством алгоритма латентного анализа. Латентный анализ – метод вероятностно-статистического моделирования, идея которого основана на предположении, что наблюдаемое поведение (например, ответы индивидов на вопросы теста или анкеты) есть внешнее проявление некоторой скрытой (латентной) характеристики, присущей индивидам. Задача метода заключается в том, чтобы, изучив наблюдаемое поведение индивидов, вывести эту скрытую характеристику и классифицировать индивидов по сходству ее значений [3].

Основы математического аппарата, используемого в данном исследовании

В качестве математического аппарата использовались модели и алгоритмы факторного и латентного анализа.

В факторном анализе требуется отыскание плоскостей или гиперплоскостей, проходящих через центр тяжести облака точек в-мерном пространстве и с условием, что сумма квадратов расстояний всех точек от этих плоскостей минимальна. Для метода главных факторов и метода главных компонент это максимизация дисперсии в одном направлении при выполнении ниже следующего ограничения [4, 5, 6]:

$$R - U^2 = A \cdot C \cdot A^T, \qquad (1)$$

где A – матрица весовых нагрузок факторов размерности $m \times r$, C – матрица корреляции между факторными значениями размерности $r \times r$, а U^2 – диагональная матрица с общностями. Если принять $C = E$, то факторы должны быть ортогональны. Для ортогональных моделей равенство (1) для редуцированной матрицы R выглядит следующим образом:

$$R_h = A \cdot A^T. \qquad (2)$$

Максимизация дисперсии достигается при выполнении ограничения (2), если в качестве матрицы положить A произведение двух первых матриц сингулярного разложения матрицы R_h. В принципе, можно вычислить столько главных компонентов, сколько имеется переменных, но это неэкономично. Чтобы обобщить информацию, содержащуюся в исходных переменных, лучше выделить небольшое количество факторов. Для определения количества факторов предлагается несколько процедур: определение, основанное на предварительной информации; определение, основанное на собственных значениях факторов; критерий «каменистой осыпи»; определение на основе процента объясненной дисперсии; метод расщепления и критерии значимости. В нашем случае был использован критерий «каменистой осыпи». То есть если собственные значения матрицы R_h больше 1 и точка на графике лежит близко к основанию, то это означает о возможности исключения данного фактора. После

того, как найдена матрица A и производится расчет факторных значений для каждой группы показателей [7, 8].

Известно, что факторном пространстве однородные факторные значения не превышают трех. Это связано с тем, что математическое ожидание равно нулю, а дисперсия и, следовательно, стандартные отклонения единичные. А любая выборка факторных значений симметрическая. Поэтому в качестве метода распознавания образов можно использовать латентный анализ на базе построенной номинальной шкалы, используя для ее построения информацию о попадании вычисленных факторных значений у диагностируемого индивидуума в [-3; 3]. Если факторное значение попадает в этот интервал, то ставим «+», при формир-овании соответствующей номинальной шкалы, и «–» в обратном случае. В том случае, если, например, выделяется 2 фактора, то возможно выделение следующих групп: «+, +», «+, –», «–, +», «–, –». Все индивидуумы у которых оба плюса считаются условно здоровыми. Все остальные имеют соответствующую патологию по одному фактору или по обоим.

На последнем этапе факторного исследования объединяем все полученные факторные значения групп в одну таблицу и преобразуем в элементы номинальной шкалы по принципу «+», «–». Построенная таблица с данными передается для обработки латентному анализу, который рассматривает её как некий тест или анкету.

Суть латентного анализа состоит обработки теста или анкеты, состоящей из вопросов, которые относятся к изучаемой скрытой характеристике. Выделенные вопросы называют явными переменными, а скрытую характеристику – латентной переменной. В теории тестов скрытая характеристика интерпретируется как одномерный латентный континуум (непрерывная латентная переменная) [9, 10, 11].

Вводится так функция вопросов-го вопроса $f_i(x)$. Это вероятность положительного ответа индивида на i-й вопрос, при условии, если индивид находится в точкелатентного континуума. Далее вводится так называемый маргинал i-го вопроса – p_i. Это доля лиц, которые положительно ответили на i-й вопрос. Наконец, поскольку задача вероятностная, необходимо найти закон распределения лиц на континууме, т.е. плотность вероятности $\varphi(x)$.

Таким образом, нами введены следующие величины:

$f_i(x)$ $f_i(x)$– функции вопросов;

p_i – маргиналы вопросов;

$\varphi(x)$– закон распределения лиц на латентном континууме;

$\varphi(x)dx$ – число лиц в интервале x и $x + dx$;

$f_i(x)\varphi(x)dx$ – число лиц в интервале x и $x + dx$, которые положительно ответили на i-й вопрос;

$\int_{-\infty}^{\infty} f_i(x)\varphi(x)dx$ – число лиц на всем континууме, которые положительно ответили на i-й вопрос, т.е. это число равно маргиналу – известной величине.

Отсюда основное расчетное уравнение латентного анализа:

$$p_i = \int_{-\infty}^{\infty} f_i(x)\varphi(x)dx. \qquad (3)$$

Слева –исходные эмпирические переменные, справа –латентные переменные, которые нам неизвестны. Цель исследования – нахождение функции $\varphi(x)$.

Вводится основное математическое допущение, «условие локальной независимости». Оно заключается в том, что если взяты два вопроса, то для индивида в точке X вероятность положительно ответить одновременно на оба вопроса, которую обозначим $f_{ij}(x)$, равна произведению вероятностей положительного ответа на каждый вопрос:

$$f_{ij}(x) = f_i(x)f_j(x).$$

В общем виде, если взято вопросов, уравнение принимает вид:

$$f_{ij}(x) = f_i f_j ... f_k = \prod_{i=1}^{k} f_i(x).$$

В случае уравнения (3) мы для k вопросов получим следующую систему уравнений:

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_i(x)\varphi(x)dx = p_\sigma,$$

где σ – все наборы индексов i, j ...

Общего решения эта система уравнений не имеет. В зависимости от условий, налагаемых на функции, получаются те или иные модификации основного расчетного уравнения, которые называются моделями латентного анализа.

Вместо непрерывной функции плотности будем иметь k частот, которые соответствуют относительным объемам латентных классов. Обозначим их v^{α}, $\alpha = 1, ..., k\alpha = 1, ..., k$. ,. Вместо непрерывного графика k-го вопроса получаются отдельные вероятности для каждого класса, которые обозначим за p_i^{α}. Поскольку важной стороной модели латентных классов является число эмпирических данных и число латентных переменных, то необходимым условием существования решения системы латентных уравнений является тот факт, что число неизвестных должно быть не больше числа уравнений равных 2^r.

Имеем

$$\begin{cases} 1 = v^1 + ... + v^k; \\ p_i = p_i^1 v^1 + ... + p_i^k v^k; \\ p_{ij} = p_{ij}^1 v^1 + ... + p_{ij}^k v^k. \end{cases}$$

В 1-й строке – 1 уравнение $\left(C_r^0 = 1\right)$;

во 2-й строке – r уравнений $\left(C_r^1 = r\right)$;

в 3-й строке – $\frac{r(r-1)}{2}$ уравнений $\left(C_r^2 = \frac{r(r-1)}{2}\right)$;

. . . . . .

В i-й строке – C_r^i уравнений.

Всего r строк, и, следовательно, общее число уравнений равно сумме биноминальных коэффициентов:

$$1 + C_r^1 + ... + C_r^r = 2^r.$$

Число неизвестных латентных параметров равно $k(r+1)$, поскольку r – число латентных вероятностей и k – число латентных частот в классах. Таким образом, необходимое (но недостаточное) условие разрешимости модели латентных классов соблюдается при $k(r+1) \le 2r$. Вычислив значения маргиналов для классов, т.е. p_1^1, p_2^1, p_3^1, p_1^2, p_2^2, p_3^2 и т.д., можно получить частоты вариантов ответов для классов [9].

Экспериментальная часть работы. Результаты и выводы

В качестве объектов исследования выбирались пациенты с артериальной гипертензией 1-й стадии 1 степени и контрольная группа, состоящая из условно здоровых индивидуумов. Исходные данные из контрольной были сформированы в таблицу типа «объект – свойство» с объемом выборки 130 и размерности выборки 11. В результате были выделены следующие параметры объектов: сегментоядерные нейтрофилы (С), лимфоциты (Л), конечно-систолический размер левого желудочка (КСР), конечно-систолический объем левого желудочка (КСО), конечно-диастолический размер левого желудочка (КДР), конечно-диастолический объем левого желудочка (КДО), ударный объем (УО), минутный объем сердца (МОС), общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС), фракция выброса левого желудочка (ФВ), фракция укорочения левого желудочка (ФУ).

Далее была вычислена соответствующая матрица коэффициентов корреляций между переменными, представленная на табл. 1.

Таблица 1

Матрица коэффициентов корреляций между переменными

	С	Л	КСР	КСО	КДР	КДО	УО	МОС	ОПСС	ФВ	ФУ
С	1,000	-0,923	0,182	0,282	0,180	0,236	0,171	0,284	-0,293	-0,194	0,036
Л	-0,923	1,000	-0,239	-0,318	-0,271	-0,262	-0,187	-0,266	0,198	0,299	0,124
КСР	0,182	-0,239	1,000	0,716	0,737	0,830	0,848	0,777	-0,631	-0,357	-0,422
КСО	0,282	-0,318	0,716	1,000	0,786	0,934	0,775	0,736	-0,600	-0,401	-0,418
КДР	0,180	-0,271	0,737	0,786	1,000	0,871	0,850	0,627	-0,612	-0,182	-0,266
КДО	0,236	-0,262	0,830	0,934	0,871	1,000	0,949	0,864	-0,721	-0,167	-0,247
УО	0,171	-0,187	0,848	0,775	0,850	0,949	1,000	0,885	-0,750	0,047	-0,077
МОС	0,284	-0,266	0,777	0,736	0,627	0,864	0,885	1,000	-0,664	0,015	-0,016
ОПСС	-0,293	0,198	-0,631	-0,600	-0,612	-0,721	-0,750	-0,664	1,000	0,023	0,061
ФВ	-0,194	0,299	-0,357	-0,401	-0,182	-0,167	0,047	0,015	0,023	1,000	0,799
ФУ	0,036	0,124	-0,422	-0,418	-0,266	-0,247	-0,077	-0,016	0,061	0,799	1,000

С помощью метода главных факторов найдено факторное отображение, представленное матрицей весовых нагрузок в табл. 2. Число факторов определялось по критерию Гутмана и критерию каменистой осыпи.

Факторы, образованные выделенными группами переменных проинтерпретированы следующим образом:

1) главный фактор можно интерпретировать как гемодинамический фактор, включающий параметры, описывающие центральную и периферическую гемодинамику. Переменные УО, МОС, ОПСС определяют уровень артериального давления. В норме, изменениям минутного объема циркуляции должна соответствовать адекватная по величине и направлению реакция прекапиллярного русла, которая бы нивелировала эти изменения и сохраняла среднее давление на нормальном уровне. Например, если МО снижен, то артериолы должны сузиться. Если МО увеличен, то артериолы должны расшириться. Нарушения взаимосвязи этих показателей лежат в основе изменений уровня АД [12]. Вместе с тем изменение уровня артериального давления взаимосвязано с модуляцией сердца, за которую отвечают параметры КСР, КСО, КДР, КДО;

2) иммунологический фактор, который может отражать психосоматическое состояние индивида, поскольку этот фактор активируется в стрессовых состояниях. Основной вклад в формирования этого фактора вносят сегментоядерные нейтрофилы и лимфоциты;

3) фактор, составленный из параметров Фракция выброса левого желудочка и Фракция укорочения ЛЖ, можно считать важным для непосредственной оценки контрактильной (со-

кратительной, нагнетательной) функции левого желудочка. Этот фактор определяет объемную ресурсоемкость ЛЖ. Он показывает, насколько использованы объемные резервы самого сердца для поддержания уровня артериального давления.

Таблица 2

Факторное отображение

	Факторы			
Исходные переменные		F_1	F_2	F_3
	С	0,307808	-0,76225	-0,12315
	Л	-0,35731	0,673376	0,272011
	КСР	0,884942	-0,03066	-0,03746
	КСО	0,911006	-0,03558	-0,14912
	КДР	0,86562	0,00654	0,115139
	КДО	0,972613	-0,00016	0,124654
	УО	0,923934	0,029811	0,342506
	МОС	0,848804	-0,10817	0,258131
	ОПСС	-0,74	0,160976	-0,31675
	ФВ	-0,27441	0,170288	0,834728
	ФУ	-0,35026	-0,12602	0,770578

Выделенные факторы позволяют указать группу параметров, на которую нужно воздействовать, чтобы получить максимальный эффект от лечения. Например, для стабилизации уровня артериального давления следует воздействовать на всю группу признаков, описывающих гемодинамический фактор. При этом следует учитывать ремоделирование сердца (структурно-геометрическое состояние) при формировании патофизиологических взаимоотношений в системе кровообращения у пациентов с гипертонической болезнью [1]. Исключение стрессовых ситуаций пациентом позволит улучшить показатели, формирующие иммунологический фактор, а также нормализовать фактор, характеризующий уровень слаженности работы сердца и легких.

На базе выше представленной матрицы факторного отображения получены факторные значения 300 респондентов.и при помощи латентного анализа были сформированы 8 латентных классов по соответствующим степеням влияниявыделенных факторов. Для каждого из полученных латентных классовбыли предложены свои лечебные рекомендации в зависимости от степени влияния того или иного фактора.

Список литературы

1. Чазова И.Е. и др. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. – М.: Рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертонии и Всероссийского научного общества кардиологов. – 2008.

2. Иберла К. Факторный анализ: пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Статистика, 1980. – С. 397.

3. Lazarsfeld P.F. The logical and mathematical foundation of latent structure analysis. – In: Measurement and Prediction. N. Y., 1950.

4. Thurstone L.L. Multiple factor analysis. – 6th. ed. – Chicago, 1961.

5. Zurmuhl R. Matrizen und ihretechnischen Anwendungen. – Berlin, 1964.

6. Harman H. Modern factor analysis. – Chicago, 1967; Русский перевод: Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972. – С. 483.

7. Hotelling H. Analysis of a complex of statistical variables into principal components / Hotelling H. // J. educ. Psychol. – 1993. – P. 24, 417–441., 498–520.

8. Wulsten A.R. Komponentenanalyse. Diss. Staatswirtsch. Fak. d. Univ. Munchen, 1960.

9. Bollen K.A. Structural Equations with Latent Variables. N.Y.: John Wiley & Sons, 1989.

10. Duncan O.D. Path Analysis: Sociological Examples // The American Journal of Sociology. – July 1966. – Vol. 72. – № 1. – P. 1–16.

11. Осипов Г.В. Методы измерения в социологии. – М.: Наука, 2003.

12. Фофанов П.Н. Учебное пособие по механокардиографии. – Л.: Военно-медицинская ордена Ленина Краснознаменная академия имени С.М. Кирова, 1977.

«Современные материалы и технические решения», Великобритания (Лондон), 20-27 октября 2012 г.

Технические науки

СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Абдимуталип Н.А., Саинова Г.А., Тойчибекова Г.Б.

Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, e-mail: nuka_79@mail.ru

Показана возможность глубокой очистки сточных вод от загрязнителей железнодорожного транспорта с использованием метода адсорбции природным ресурсом – бентонитовой глиной.

Предприятия железнодорожного транспорта относятся к числу основных источников, которые сбросами сточных вод загрязняют различные объекты окружающей природной среды. К вредным компонентам, содержащимся в сточных водах локомотивных и вагонных депо, локомотивно-вагоноремонтных заводов, промывочно-пропарочных пунктов, гальванических, аккумуляторных и других цехов являются различные по природе взвешенные частицы, нефтепродукты, фенол, соли тяжелых металлов, ПАВ, лакокрасочные материалы, кислоты, щелочи. Такие сточные воды не могут направляться непосредственно на биологическую очистку, так как компоненты, содержащие в них токсичны для микроорганизмов «активного ила» централизованных биологических очистных сооружений городов, а также устойчивы к воздействию ферментов этих микроорганизмов. Для удаления токсичных и биохимически устойчивых веществ подобные сточные воды целесообразно подвергать локальной очистке. Если физико-химическая обработка таких промышленных сточных вод обеспечивает необходимый уровень очистки для их использования в качестве технической воды, то нет необходимости направлять их на дальнейшую биологическую очистку.

В современной технологии очистки сточных вод все большее значение приобретает сорбционный метод. Известно, что эффективность данного метода очистки зависит от физико-химической природы как адсорбента, так и сорбируемых веществ [1-2].

Ограниченность водных ресурсов в Казахстане и соображения технико-экономического характера приводят к необходимости применения оборота воды в системе водопользования. Необходимость использования сточных вод для хозяйственных и технических нужд заставляет искать пути и способы более тщательной очистки их от тонкодисперсных взвесей, коллоидных веществ, имеющих как неорганическую, так и органическую природу. Существующие способы очистки позволяют в отстойниках улавливать из воды крупные взвеси и в прудах тонкодисперсные взвеси, но однако снизить уровень опасных загрязняющих веществ, таких как тяжелые металлы невозможно до норм, предъявляемых к сточной воде при использовании ее в народном хозяйстве, в частности для орошения сельскохозяйственных полей. Это требует применения более совершенных способов ее очистки.

В связи с этим нами на основе результатов экспериментальных исследований для предприятий железнодорожной сети выбрана технологическая схема локальной установки для очистки сточных вод с использованием метода адсорбции природным ресурсом – щелочным бентонитом местного происхождения (месторождение «Ибата»).

Очистка сточных вод включает следующую последовательность операций: механическую очистку; накопление – усреднение; последовательная обработка бентонитовой глиной, отстаивание и фильтрация.

Производительность очистных сооружений, исходя из общего объема стоков, в т.ч. поверхностного, а также ритмичности и графика поступления, составляет 26-30 $м^3$/ч и рассчитана на средний поток 27 $м^3$/ч. Общая продолжительность работы очистных сооружений 24 ч/сут, из них 16 часов – для очистки основного стока и 8 часов – на очистку, в основном, поверхностного стока.

Ниже приводятся описание и результаты очистки стоков по операциям.

Накопление-усреднение. Перед поступлением в накопитель-усреднитель сточные воды из разных объектов предприятия проходят металлическую решетку площадью 3,0×2,0 м из стальных полос 40×10 мм с зазорами 16 мм при угле наклона к горизонту 60-70°С. Скорость протока стоков не превышает 1 $м^3$/с. Очистка решетки выполняется вручную или механическим образом. Затем очищаемые стоки поступают в накопитель – усреднитель, обеспечивающий равномерное поступление воды на дальнейшую очистку. При этом обеспечивается сглаживание состава (усреднение) по компонентам, имеющего значительные колебания как по объемам поступления, так и по составу.

Одновременно с усреднением в отстойнике-усреднителе происходит взаимодействие компонентов растворов с предварительной очисткой, частичное отстаивание загрязняющих веществ, т.е. осветление (табл. 1).

Таблица 1

Степень очистки и состав воды после отстаивания в отстойнике – усреднителе (продолжительность отстаивания 6 часов)

Загрязняющее вещество	Концентрация загрязнителя, мг/дм^3	Количество загрязнителя, кг/сут	Степень очистки, %
Взвешенные вещества	345,07	223,61	27,80
Эфирорастворимые вещества В т.ч.: Нефтепродукты СПАВ	54,82 20,18 34,65	35,08 13,08 22,45	40,45 80,00 -
Железо общее	0,48	0,31	40,00
Никель	0,13	0,09	25,00
Медь	0,28	0,18	60,00
Цинк	0,46	0,30	60,00
Кадмий	1,07	0,69	3,52
Свинец	2,00	1,66	16,66
Барий	0,05	0,03	81,98
Литий	0,31	0,20	15,00
Натрий	52,16	303,81	4,81
Краска (взвесь)	20,36	13,20	25,00
Сульфат-ионы	168,51	109,14	0,10
Хлорид-ионы	54,18	35,11	-
Карбонат-ионы	2,79	1,81	-
Фосфат-ионы	14,44	9,35	1,32
Силикат-ионы	10,16	6,59	30,00
Гидроксид-ионы	12,81	8,30	5,46
pH	8-9	8-9	

Взвеси, накапливающиеся в отстойнике в виде осадка представлены, в основном, компонентами, аналогичными составу загрязнителей поверхностного стока (песок, лессовые включения, компоненты почвы и др.). Основные компоненты – SiO_2 до 70%, соединения кальция – $CaO \cdot SiO_2$ – до 15%, $CaO \cdot Al_2O_3$ до 10%, $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ до 0,5%, гумусовые вещества – до 4,5%.

В табл. 2 приведен гранулометрический состав взвеси до и после отстаивания в усреднителе – накопителе, а в табл. 3 состав осадка.

Таблица 2

Средний гранулометрический состав взвеси до и после отстаивания в накопителе-усреднителе (%)

Взвесь	0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	< 0,01 мм
До накопителя	1,0	5,1	22,6	71,3
После накопителя	отсутствует	3,8	17,5	78,7

Таблица 3

Качественный и количественный состав, образуемого осадка в отстойнике-усреднителе

Компоненты	Содержание загрязняющих веществ в образуемом осадке	
	кг/сутки	%
Взвешенные вещества в том числе: SiO_2 $CaO \cdot SiO_2$ $CaO \cdot Al_2O_3$ $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ Компоненты почвы (гумус)	89,96 60,62 13,04 8,70 0,44 3,91	47,11 32,84 7,07 4,71 0,24 2,12
Краска (взвесь твердая)	4,40	2,38
Соединения металлов (Ba, Li, Fe, Cu, Zn, Ni, Na и др.)	5,0	3,53
Всего	186,07	100,00

Адсорбционно-ионообменная очистка сточных вод. Осветленная в отстойнике вода поступает в адсорбционную установку, состоящую из двух секций, где происходит ее основная очистка. Объем используемого бентонита 12 м^3 или 21 т. Поглощающая емкость (способность) обеспечивает работу адсорбента-бентонита без замены в течение 3-6 месяцев. Поглощающая емкость адсорбента элементами и соединениями очищаемой воды до его замены составляет 1500-1600 кг. Общее количество загрузки, подлежащее замене и утилизации составляет около 22 тонн, влажность 8-10%.

Как видно из данных табл. 4, представляющих результаты опытно-промышленной проверки технологии очистки сточных вод железнодорожных предприятий, частицы бентонитовой глины, которые имеют как положительные, так и отрицательные заряды на своей поверхности, являются универсальными осадителями дисперсных примесей из водной среды, а также выполняют роль эффективного ионообменника. Интенсификация процесса осветления воды объяснимо хорошим диспергированием бентонитовой глины в воде до элементарных частиц и их взаимодействием с положительными и отрицательными частицами дисперсных примесей воды, приводящего к утяжелению и осаждению. Одновременно на глинистых частицах осаждаются ионы тяжелых металлов и других органических веществ.

Таблица 4

Результаты очистки сточных вод

Загрязняющие элементы и соединения	Концентрация в воде, мг/дм^3			Степень очистки в % после	
	1-я секция		после очистки во 2-й секции		
	до очистки	после очистки		1-й секции	2-й секции
Взвешенные вещества	345,07	40,00	0,15	88,41	99,63
Эфирорастворимые в т.ч.:	54,82	13,00	-	76,29	100,00
Нефтепродукты	20,18	6,70	-	66,80	100,00
СПАВ	34,65	6,30	-	81,82	100,00
Железо общее	0,48	0,13	0,02	72,92	96,00
Никель	0,14	0,05	0,01	62,96	92,86
Медь	0,28	0,04	-	85,71	100,00
Цинк	0,46	0,06	0,01	87,04	97,83
Кадмий	1,07	0,01	-	99,06	100,00
Свинец	2,00	0,02	-	99,00	100,00
Литий	0,31	0,12	0,05	61,29	83,87
Натрий	52,16	51,10	49,05	2,01	5,96
Барий	0,05	0,02	0,01	40,00	80,00
Краска (взвесь)	20,37	2,80	0,02	86,25	99,90
Сульфат-ионы	168,51	168,49	159,80	0,01	5,17
Хлорид-ионы	54,18	49,70	48,19	8,27	11,05
Карбонат-ионы	2,79	1,10	0,84	60,73	69,89
Фосфат-ионы	14,44	4,50	1,97	68,75	86,35
Силикат-ионы	10,16	1,80	-	82,28	100,00
pH	8-9	8-9	8-9		

Показано, что бентонитовые глины обладают высокой сорбционной способностью по отношению не только нефтепродуктов, но и к молекулам синтетических поверхностно-активных веществ.

Таким образом, адсорбционно-ионообменным методом с применением бентонитовой глины, обладающей возможностью адсорбции веществ из многокомпонентных смесей, можно осуществить эффективно очистку сточных вод предприятий железнодорожной сети до ПДК с возвратом очищенной воды в технологический цикл (мойка вагонов, колесных пар, система охлаждения) с одновременной утилизацией природного сорбента. Данный метод можно использовать в комплексных схемах глубокой очистки сточных вод, включающих механическую, физико-химическую, биологическую и другие методы очистки.

Механизм процесса сорбции на бентонитовой глине при очистке сточных вод от веществ различной природы носит молекулярный, ионообменный и хемосорбционный характер.

Список литературы

1. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – Киев: Наукова Думка, 1989. – 292 с.

2. Руш Е.А. Экологические технологии: методы совершенствования технологий сорбционной очистки промышленных сточных вод // Инженерная экология. – 2005. – № 4. – С. 11-28.

УМЯГЧЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СПОСОБА

Косинцев В.И., Маланова Н.В., Сечин А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, e-mail: malanova.nat@yandex.ru

Проблемой теплоэнергетики, так же как и химической, пищевой и других видов промышленности, является отложения солей жесткости на поверхности теплообменной аппаратуры, технологических аппаратов и трубопроводов. Отложения ухудшают теплообмен, что повышает энергозатраты на производство, уменьшают проходное сечение трубопроводов, увеличивают его гидравлическое сопротивление, повышают энергозатраты на транспортировку жидкости. Кроме того, повышенная жесткость воды отрицательно влияет на здоровье человека.

Как известно, жесткость воды обусловлена наличием в ней преимущественно катионов Ca^{2+} (кальциевая жесткость воды) и Mg^{2+} (магниевая жесткость воды). Причем, обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (до 70-80 %).

При жесткости выше норматива (7 Ж) [1] требуется умягчение воды. Оно может быть осуществлено методом ионного обмена, мембранными технологиями, с применением обратного осмоса. Все эти методы являются трудоемкими и ресурсозатратными, на практике чаще применяют ионный обмен и реагентное умягчение, причем главным образом – при подготовке воды для производственного использования [2].

В настоящее время одним из наиболее перспективных методом интенсификации технологических процессов химической, металлургической, пищевой, микробиологической и других отраслей промышленности является радикальное увеличение степени дисперсности систем, переход на мелкодисперсные газожидкостные среды [3].

Была предложена установка и метод удаления солей временной жесткости воды, основанные на предварительной обработке водных растворов с получением водогазовой дисперсионной системы, которая образуется в гидродинамических генераторах без использования электрической энергии в чистом виде. При этом происходит диспергирование водного раствора, из которого происходит удаление растворенных газов. Кроме того, за счет образования газожидкостной пузырьковой системы при прохождении водных растворов через гидродинамический генератор происходит увеличение поверхности контакта фаз, что позволяет интенсифицировать процесс удаления солей жесткости с последующим применением жидкофазного катализатора для удаления ионов кальция, магния, железа в 1,43 раза. В результате происходит интенсивный рост зародышей кристаллов солей жесткости. Для разделения образующейся суспензии используется фильтрация под вакуумом.

В результате проведенных исследований установлено, что применение гидродинамического способа обработки водных растворов с применением мембран позволяет увеличить скорость образования зародышей кристаллов в 1,43 раза. Также определено, что снижение жесткости воды происходит на 62-65 % при температуре обрабатываемой воды 15 °С. Также были проведены эксперименты по удалению $Ca(HCO_3)_2$ из модельного раствора, содержащего ионы кальция и гидрокарбонат-ионы. Степень удаления ионов кальция составила 88-94 %.

Применение разработанного способа очистки воды позволило снизить содержание ионов кальция в модельном растворе до 4,01-8,26 мг/л при исходной концентрации 72,14-84,17 мг/л, а также до умягчить водопроводную воду до 2,05-2,20 Ж при исходной жесткости 5,60-6,00°Ж.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт №11.519.11.5025 от 12.03.2012 г.)

Список литературы

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.

2. Лукашевич О.Д. Совершенствование хозяйственно-питьевого водопользования для повышения уровня его экологической безопасности (на примере районов Западной Сибири). – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2006 – 350 с.

3. Бошенятов Б.В. Гидродинамика микропузырьковых газожидкостных сред // Известия Томского политехнического университета – 2005 – Т. 308 – №6 – С. 156-160.

«Современные наукоемкие технологии», Испания (Тенерифе), 20-27 ноября 2012 г.

Медико-биологические науки

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ СЕРДЦА У КРЫС ЛИНИИ ДОУЛЕЙ-СПРЕГ

Павлович Е.Р., Просвирнин А.В.

РНИМУ им. Н.И. Пирогова; ИЭК РКНПК МЗ РФ, Москва, e-mail: erp114@rambler.ru

Проводили изучение морфологии сердца половозрелых крыс самок и самцов линии Спрег-Доулей с использованием качественного светооптического анализа материала межпредсердной (МПП) и межжелудочковой перегородок (МЖП) с целью распознавания в них проводящего и рабочего миокарда. Животных предварительно усыпляли нембуталом. Вес животных был 350 граммов. Обследовали кусочки перегородок, полученные после перфузии органа промывающим раствором, и последующей фиксации в 4% растворе параформальдегида. Иссекали участок миокарда со стороны правого желудочка, включавший в себя нижнюю часть МПП и верхнюю часть МЖП сердца и помещался в 4% раствор параформальдегида на ночь в холодильник (t = 4 °C). Дофиксировали материал 2 часа в 1% OsO_4. После отмывки фиксатора фосфатным буфером, проводили дегидратацию материала в спиртах возрастающей концентрации и заключение в эпоксидную смолу аралдит. Перегородки ориентированно размещали в капсулах для полимеризации одним блоком, без резки на более мелкие кусочки так, чтобы они располагались в основании блока смолы перпендикулярно длинной оси блока. С блоков получали срезы толщиной 1-2 мкм и окрашивали их толуидиновым синим при нагревании срезов с протравливанием их раствором щелочи. Показали на светооптических препаратах, что мышечные пучки рабочего миокарда были сформированы из кардиомиоцитов, имевших разное сродство к толуидиновому синему. При этом у животных в мышечных пучках могли встречаться как интенсивно, так и слабо окрашенные миоциты. Показательно, что в МЖП мышечные пучки рабочих миоцитов демонстрировали 5 слоев вблизи места вхождения свободных стенок правого и левого желудочков: продольный, циркулярный, продольный и вновь циркулярный и продольный. При резке вглубь МЖП отчетливость этих слоев смазывалась. Показали, что атриовентрикулярный узел (АВУ) располагался в нижней части МПП над фиброзной тканью, отделяющей его от рабочего миокарда МЖП. В рабочем миокарде МПП были видны многочисленные толстые пучки миелинизированных нервных волокон, которые шли также по поверхности АВУ и могли заходить внутрь его, далее они направлялись в пучок Гиса (АВП), а после прохождения атриовентрикулярного пучка, они спускались по МЖП и шли субэндокардиально по поверхности рабочего миокарда. АВП располагался под фиброзной тканью в верхней части МЖП. При этом нервные ганглии в МПП описанные нами ранее у беспородных крыс (Павлович, 1989) у данных линейных животных выявлены не были. Сами проводящие миоциты АВУ и АВП выглядели менее крупными по сравнению с рабочими миоцитами перегородок сердца и плотность их укладки была иной, чем в рабочем миокарде перегородок. Створки митрального и трикуспидального клапанов отходили на разных уровнях перегородок, что соответствует данным по их расположению в сердце человека (James, 1982). При последующей резке полутонких срезов АВП распадался на правую и левую ножки, плотность укладки миоцитов в которых была очень высокой. Ножки лежали субэндокардиально, распластываясь по поверхности рабочего миокарда МЖП.

Технические науки

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ

[1]Васильевых С.Л., [2]Саитов В.Е.

[1]ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», Киров;
[2]ФГБОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Среди большого многообразия деталей машин свыше 30% занимают детали типа тел вращения. Такие детали условно делят на три типа в зависимости от соотношения длины L к наибольшему наружному диаметру D.

При $L/D > 1$ – это валы, оси, шпиндели, штоки, гильзы, стержни, стволы и т.п. При $2 > L/D > 0{,}5$ – включительно втулки, стаканы, пальцы, барабаны и др., а при $L/D < 0{,}5$ – диски, кольца, фланцы, шкивы и т.п.

Одними из наиболее трудоемких при изготовлении являются детали, обладающие малой жесткостью, особенно нежесткие валы.

К нежестким относятся валы, собственная податливость которых значительно превышает

податливость технологической системы. Отношение длины L к диаметру D таких валов более 12 ($L/D > 12$).

В виду малой жесткости обрабатываемого нежесткого вала технологическая система станок-приспособление-инструмент-заготовка оказывается крайне податливой к действию внешних поперечных сил и динамических факторов, сопутствующих процессу резания.

В связи с этим обработка таких деталей связана со значительными трудностями, обусловливаемыми деформацией обрабатываемой детали под действием усилия резания, а также возникновением вибрации детали в процессе обработки, которые бывают настолько интенсивными, что на практике вынуждают существенно снижать режим резания, прибегать к многопроходной обработке, приводят к снижению стойкости и долговечности режущего инструмента. Возникновение вибрации крайне нежелательно на конечных чистовых этапах обработки, когда резание происходит на малых глубинах, и нарушение безвибрационного движения детали и резца в зоне резания может привести к браку детали.

Проблема возникновения вибраций актуальна при металлообработке на станках в ЧПУ, так как кроме снижения точности обработки, вибрации в зоне резания могут приводить к ускоренному износу оборудования станка.

Наряду с этим, неуправляемые механические колебания со сравнительно большой амплитудой являются ограничивающим фактором при увеличении производительности процесса резания. Вместе с тем появление колебаний обусловлено наличием и взаимным влиянием технологических условий резания, внешних возмущающих сил и параметров упругой системы токарного станка. Поэтому повышение эффективности обработки нежестких валов, главным образом зависит от обеспечения устойчивости их обработки.

В настоящее время определение устойчивости часто проводится на основе опыта технолога. Существующие технологические методы определения устойчивости не обеспечивает необходимой точности. Связано это с тем, что используемые математические модели являются излишне упрощенными.

Успех в решении комплексной научной проблемы, заключающейся в повышении точности и производительности токарной обработки нежестких валов, наряду с традиционными способами в значительной степени предопределяется наличием адекватных математических моделей, способных описать взаимосвязь колебаний упругой системы станка и динамического процесса резания.

Согласно современному представлению, металлорежущий станок является сложной замкнутой многоконтурной динамической системой с большим многообразием сил и наличием различных обратных связей.

Основными элементами замкнутой динамической системы станка являются упругая система станка и динамический процесс резания.

Отсутствие в существующих математических моделях динамического процесса для несвободного косоугольного резания и учета нелинейных явлений, вызванных внедрением вершины резца в упруго-пластичную среду детали, делают их пригодными для описания лишь частных случаев свободного прямоугольного резания.

Недостаточность экспериментальной информации о таких определяющих динамический процесс резания составляющих как динамика стружкообразования, резание по следу, оставленному резцом на предыдущем обороте заготовки, нелинейные явления, вызванные внедрением вершины резца в упруго-пластичную среду детали, затрудняет решение практических задач по улучшению качества и точности обработки на металлорежущих станках.

Список литературы

1. Васильевых С.Л. Исследование виброустойчивости системы СПИЗ при интенсивном точении нежестких валов с различным технологическим оснащением. – Днепропетровск: Системные технологии, 2009. – 105 с.

2. Васильевых С.Л., Саитов В.Е. Исследование виброустойчивости продольного точения нежестких валов: монография. – Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 86 с.

Физико-математические науки

НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ОКСИДНЫЕ ВОЛЬФРАМОВЫЕ БРОНЗЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ РАСПЛАВОВ, В КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ОБЕССЕРИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

[1]Вакарин С.В., [1]Семерикова О.Л.,
[1]Меляева А.А., [1]Зайков Ю.П., [2]Петров Л.А.,
[2]Шишмаков А.Б., [2]Чупахин О.Н.

1Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Екатеринбург;
2Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Екатеринбург,
e-mail: s.vakarin@ihte.uran.ru

Известно, что оксидные вольфрамовые бронзы используются в качестве промышленных катализаторов процессов органического и нефтехимического синтеза и, в том числе, при перекисном окислении органических соединений [1]. Однако нанокристаллические модификации этих материалов не использовались.

Нами разработан электрохимический метод получения нанокристаллических оксидных вольфрамовых бронз в поливольфраматных расплавах [2-4]. Определены параметры процесса электролиза, обеспечивающие получение игольчатых нанокристаллических структур с толщиной игл менее 100 нм. Получены нанокристаллические покрытия на металлических подложках. В частности на W получены слои гексагональной бронзы толщиной 10 мкм, где

каждый микрокристалл представлял ориентированную наноигольчатую структуру. Найдены условия получения плёнок оксидной вольфрамовой бронзы гексагональной структуры на платиновой фольге, толщина которых составляет единицы нанометров. Сделаны выводы о механизме формирования микрокристалла оксидной вольфрамовой бронзы при электрохимическом синтезе в расплавленных солях. Установлены общие закономерности электрохимического синтеза наноразмерных оксидных вольфрамовых бронз с целью управления составом, структурой и морфологией нанокристаллических осадков.

Наработанный порошок нанокристаллической бронзы имел удельную поверхность 0,92–1,3 $м^2/г$. На примере тестовой реакции разложения пероксида водорода показана на порядок более высокая каталазная активность полученных наноразмерных оксидных вольфрамовых бронз по сравнению с крупнозернистыми образцами [5]. Установлено, что нанокристаллические бронзы в виде ориентированных игольчатых структур стабильны, и не подвержены агломерационным процессам, характерным для наноматериалов. Эти результаты послужили основой успешных первичных исследований гетерогенного катализа процессов глубокого окислительного обессеривания нефтепродуктов с использованием полученных нами материалов. Сравнительные кинетические исследования модельного процесса перекисного(H_2O_2/ HCOOH) окисления бензотиофена в толуоле с концентрацией 242 ppm по S при 35°C с использованием в качестве катализатора этого процесса нанокристаллической вольфрамовой бронзы гексагональной структуры показали, что за 60 минут удаётся понизить содержание серы до 12,1 ppm (стандарт Евро-IV). При сравнительных исследованиях не использовались ПАВы.

Работа выполнялась в рамках программ:

1. Высокотемпературный электрохимический синтез нанокристаллических оксидных вольфрамовых бронз для создания эффективных каталитических систем окислительных процессов глубокого обессеривания нефтепродуктов и производства витамина К3 (РФФИ ОФИ-М № 11-03-12084).

2. Нанокристаллические оксидные вольфрамовые бронзы, полученные электролизом расплавов, в каталитических процессах окислительного обессеривания и облагораживания нефтяных фракций (Программа Уральского отделения РАН № 12-И-3-2058).

Список литературы

1. M. T. Mirza, J. R. Walls, S. A. A. Jayaweera, Thermochim. Acta, 1989, 152, 203.

2. Пат. РФ 2354753, Бюлл. изобрет., 2009, № 13.

3. Пат. РФ 2456079, Бюлл. изобрет., 2012, № 20.

4. Пат. РФ 2426822, Бюлл. изобрет., 2011, № 23.

5. Вакарин С.В., Меляева А.А., Семерикова О.Л., Кондратюк В.С., Панкратов А.А., Плаксин С.В., Поротникова Н.М., Зайков Ю.П., Петров Л.А., Микушина Ю.В., Шишмаков. А.Б., Чупахин О.Н. // Известия Академии Наук. Серия химическая. – 2011. – № 10. – P. 1951.

Технические науки

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИФФУЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ БОРА

Гурьев А.М., Иванова С.А., Гармаева И.А.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, Барнаул, e-mail: serg225582@mail.ru

Исследовано распределение химических элементов по толщине диффузионного слоя боротитанированной стали 5ХНМВФ. Режим обработки выбран по рекомендациям [1-3]: температура насыщения – 950°С, время выдержки при температуре насыщения – 4 часа.

Микроструктура поверхности и карта распределения химических элементов исследовались при помощи сканирующего электронного микроскопа JEOL с энергодисперсионным анализатором-приставкой X-MAX Pro. Полученные данные пересчитывались по оригинальным методикам, в результате чего погрешность определения бора, как самого легкого элемента не превышала 0,15, углерода – 0,07.

По результатам спектрального анализа распределения элементов установлено, что содержание Fe–B–C–Si–Ti–Cr–W–Mo изменяется по глубине слоя от 1,19–2,83–1,23–0,21–0–0,17–0–0,002 на глубине 7 мкм от поверхности покрытия до 1,74–0,89–1,57–0,13–0–0,19–0,04–0,04 атомов соответственно.

Необходимо исследование данных соединений с помощью других методов исследования, таких как, например, микроэлектронографический метод, с целью построения элементарной кристаллической решетки получившихся соединений и установления их химического состава.

Список литературы

1. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Долгоров А.А. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ и 5Х2НМВФ // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2010. – Т. 7. – № 1. – С. 27-31.

2. Иванов С.Г., Гармаева И.А., Гурьев А.М. Особенности диффузии атомов бора и хрома при двухкомпонентном насыщении поверхности стали Ст3 // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 86-88.

3. Влияние добавок легирующих элементов в обмазку на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного насыщения стали / С.Г. Иванов, М.А. Гурьев, А.Г. Иванов, А.М. Гурьев // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 7. – С. 170-172.

Работа представлена на Международную научную конференцию «Новые технологии, инновации, изобретения», Турция (Анталия), 16-23 августа 2012 г. Поступила в редакцию 05.06.2012.

Технические науки

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МИКРОГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Лысенко В.С., Пралиев С.Ж., Кулжабаев Б.Д.

РГП на праве хозяйственного ведения «Казахский национальный педагогический университет им. Абая», Алматы, e-mail: vikstel.777@mail.ru

В южных предгорных регионах Республики Казахстан с каждым годом возрастает дефицит энергетических мощностей. Вместе с тем горные реки только Заилийского и Жетысуйского Алатау обладают энергетическим потенциалом не менее 4 гигаватт, это примерно четверть общего объема потребляемой в Казахстане энергии. В этой связи решение проблемы эффективного и экологически чистого использования энергии горных рек и водосбросов является весьма актуальной.

Лабораторией инновационных технологий разработаны комплексные микро ГЭС мощностью до 100 кВт для преобразования энергии горных рек и водосбросов по трубам для снабжения локальных объектов теплом и электроэнергией.

Комплексный подход связан с технической модернизацией всех основных узлов микро ГЭС на уровне изобретений, а именно:

– новая конструкция и технология для напорного водовода снижающая турбулентность и гидравлические потери;

– защищенная тремя патентами оригинальная конструкция вихревой гидротурбины, снижающая кавитацию и повышающая эффективность преобразования энергии;

– инерционный передаточный механизм, реализующий новый способ преобразования энергии центробежных сил инерции и позволяющий получить дополнительную мощность;

– запатентованный роторно-вихревой теплогенератор, позволяющий преобразовать энергии вращения гидротурбины непосредственно в тепло.

– трансформаторы тока, позволяющие существенно снизить реактивные потери электрической мощности.

Преимущества предлагаемых микро ГЭС перед зарубежными аналогами в высокой эффективности и технологичности изготовления основных узлов.

Теплогенераторы и инерционные механизмы имеют потенциал широкого применения в ветроэнергетике, на транспорте и энергоемких производствах. Кроме того, есть огромный потенциал использования микро ГЭС вместо дорогостоящих гасителей давления в питьевых и технологических водопроводах, водосбросах ТЭЦ, а также на промышленных и канализационных стоках.

Изготовлены опытные образцы вихревой гидротурбины и опытно-промышленные образцы теплогенератора, один из которых испытан в аккредитованной лаборатории и показал эффективность на 7% выше, чем у традиционных электрических котлов.

Проведение теоретических и экспериментальных исследований и изготовление опытных образцов микро ГЭС и теплогенераторов финансируется за счет средств гранта ректора КазНПУ им. Абая.

ИННОВАЦИОННАЯ АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

Лысенко В.С., Пралиев С.Ж., Кулжабаев Б.Д.

РГП на праве хозяйственного ведения «Казахский национальный педагогический университет им. Абая», Алматы, e-mail: vikstel.777@mail.ru

Решение проблемы без топливных экологически чистых альтернативных энергетических технологий для преобразования возобновляемой энергии является все более актуальными.

В этой связи лабораторией инновационных технологий КазНПУ им. Абая разработана новая технология преобразования энергии и гидравлическая энергетическая установка.

Предлагаемый способ преобразования энергии возобновляемых источников (водосбросов, рек, ветра, транспортных средств и других вращательных приводов) в тепло и электричество основан на интеграции вихревого, резонансного и инерционного физических эффектов, а также эффекта интерференционных концентрических вибраций.

Гидравлическая энергетическая установка предназначена для обеспечения локальных объектов электроэнергией и/или теплом.

Установка состоит из привода (электродвигатель, гидротурбина, ветродвигатель или другие), генератора тока и/или теплогенератора, заполненного в нижней части водой корпуса, в котором размещены механизм для создания концентрических вибраций, инерционное устройство и ротор с центральной полостью, сообщающейся с одной стороны с осевой трубой погруженной в воду, а с другой с радиально расположенными коническими закрученными трубками с форсунками на концах.

Установка работает следующим образом.

Посредствам привода производится вращение ротора с трубками. За счет центробежных сил в центральной полости ротора возникает разряжение. Вода из нижней части корпуса под действием разряжения и концентрических импульсов, создаваемых электрическими раз-

рядами или механическими вибрациями в воде, поступает в центральную полость. Далее вода центробежными силами распределяется по трубкам, разгоняется и завихряется в них и со скоростью в пределах 140–170 м/с выбрасывается через форсунки и далее стекает в нижнюю часть корпуса. Таким образом, вода циркулирует по замкнутому контуру и при выходе из форсунок создает реактивный крутящий момент на роторе и тем самым создает дополнительный крутящий момент. Этот процесс, в сущности, имитирует природные вихри. Кроме того, дополнительный крутящий момент генерируется за счет использования сил инерции дебалансов инерционного устройства, который сконструирован таким образом, что позволяет преобразовывать энергию вращательной вибрации дебалансов в крутящий момент.

Конструкция ротора-турбины предлагаемой установки такова, что механическим путем её изготовить очень сложно. Однако сотрудниками лаборатории инновационных технологий разработана оригинальная технология изготовления ротора-турбины, являющаяся НОУ-ХАУ. Кроме того, корпус и другие детали энергетической установки могут изготовляться по этой же технологии. Такая технология серийного производства ротора-турбины и самих установок позволит обеспечить высокую рентабельность их промышленного производства.

Химические науки

ОЧИСТКА ШАХТНЫХ ВОД ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Бардамова И.В.

ФГБУН «Геологический институт» СО РАН, Улан-Удэ, e-mail: irina-bardamova@yandex.ru;

Значительную долю антропогенного поступления в биосферу тяжелых металлов вносят рудничные воды при горнорудном производстве.

Так, одним из основных источников загрязнения поверхностных вод в районе Джидинского вольфрамо-молибденового месторождения являются рудничные воды штольни Западная.

По своим физико-химическим характеристикам они относятся к классу сульфатных, характеризуются высокой минерализацией, довольно низким значением pH и большим содержанием взвешенных веществ. По тяжелым металлам превышение предельно-допустимых значений (для **о**бъектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) [1] составляет: по Fe – в 210,4 раза, по Cu – в 27, по Ni – в 22,3, по Zn – в 33,1, по Cd – в 958 , по Pb – в 56,2, по W – в 11 раз.

Для исследования возможности очистки шахтных вод природными сорбентами были проведены эксперименты на пробах рудничных вод штольни Западная с использованием горных пород и минералов местных месторождений – цеолитовых туфов месторождений Холинское (Забайкалье), Мухор-Тала и Бада (Бурятия), а также вулканического туфа месторождения Хурай-Цакир, образцов известняка и кальцита месторождения Зун-Нарын (Бурятия, Закаменского района).

Эксперименты, которые проводились в полевых и лабораторных условиях[2], показали, что данные природные минералы в различной степени извлекают тяжелые металлы. Среди последних наблюдается следующий порядок сорбционных способностей к элементам по степени извлечения их сорбентами:

Цеолитовый туф Холинского месторождения	Pb > Cu > Zn > W > Cd > Ni > Fe
Цеолитовый туф месторождения Мухор-Тала	Pb >> Fe > Cu > Zn > W ≈ Co ≈ Ni ≈ Cd
Туф вулкана Хурай-Цакир	Pb >> Cu > Cd ≈ Fe ≈ Zn > Ni ≈ Co ≈ W
Известняк месторождения Зун-Нарын	Pb >> Cu > Zn ≈ Co ≈ W ≈ Ni ≈ Cd
Кальцит месторождения Зун-Нарын	Pb > Fe > Cu.

Данные последовательности показывают, что все исследуемые виды природных сорбентов обладают высокой степенью извлечения по свинцу. Наиболее эффективным из них является цеолитовый туф Холинского месторождения. Степень извлечения этим сорбентом свинца достигает 91%, меди – 75%, цинка, кадмия и вольфрама – выше 50%, других химических элементов – до 10%. Другие сорбенты также показали хорошие сорбционные свойства. Степень извлечения свинца известняком и хурай-цакирским туфом составляет соответственно 90,65 и 88,41%, меди – 49 и 26,33%, кобальта – 35,18 и 11,68% и никеля – 34,01 и 11,3%.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности применения сорбентов месторождений Забайкалья и Бурятии для очистки рудничных вод.

Список литературы

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Постановление 30.04.2003. – М. – № 78

2. Bardamova, Irina V. To possible using of nature sorbents for cleaning mine waters. The 19-th International Symposium Ecology & Safety [Электронный ресурс] / Journal of International Scientific Publications:/ Ecology & Safety ISSN: 1313-2563, volume 4, part 3, pp. 445-451. – Режим доступа: http://www.science-journals.eu/ecology/index.html.

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ 1,2-О-ЦИАНЭТИЛИДЕНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОВ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МЕХАНИКИ

Литвак М.М.

ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: info@bsu.edu.ru

В программе Chem3D с использованием расширенной и модифицированной версии силового поля ММ 2 методом молекулярной механики произведены оптимизация геометрии и конформационный анализ 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндо-циан)этилиден]-α-D-глюкопиранозы – представителя группы эффективных гликозилирующих агентов в углеводных синтезах. Теоретические расчеты длин связей, валентных и торсионных углов, а также конформация молекулы в глобальном минимуме энергии как $^4C_1$ хорошо согласуются с литературными данными, полученными на основе рентгенографических исследований.

1,2-О-цианалкилиденовые производные углеводов являются эффективными гликозилирующими агентами в синтезах олиго- и полисахаридов [1] и как потенциальные носители спектра важных биологических активностей [3]. Молекулы этих соединений представляют собой бициклическую систему, включающую пиранозный (или фуранозный) и диоксолановый циклы. В большинстве случаев 1,2-О-цианэтилиденовые производные углеводов образуются в виде пары σ-диастереомеров, различающихся расположением CN-группы.

Нами проведен расчет геометрических параметров (длины связей, валентные и торсионные углы) и конформационный анализ для 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндо-циан)этилиден]-α-D-глюкопиранозы (I) в специализированном приложении CS Chem3D программного комплекса ChemOffice Ultra [4] с использованием расширенной и модифицированной версии силового поля ММ 2 методом молекулярной механики. Рентгенографическое исследование (I) приведено в [2].

Алгоритм исследований следующий. В «химическом редакторе» CS ChemDraw создают молекулярную структуру (I). Активирование пункта «Convert Structure to Name» главного меню «Structure» программа выдает химическое название: (2R,3aR,5R,6R,7S,7aR)-5-(acetoxymethyl)-2-cyano-2-methyl-tetrahydro-3aH-[1,3]dioxolo[4,5-b]pyran-6,7-diyl diacetate. Структурную формулу копируют в буфер обмена, а затем вставляют в окно визуализации CS Chem3D. Молекула автоматически преобразуется в трехмерный вид. Программа допускает различные способы визуализации трехмерной модели. Для того чтобы присвоить всем длинам связей и валентным углам стандартные для соответствующих элементов значения, необходимо выделить в программе соединение и активировать функцию «Clean Up Structure». Необходимые исправления в структуре будут сделаны автоматически. Для удобства в окне модели указывают порядковые номера атомов.

Далее проводят оптимизацию геометрии молекулы и расчет геометрических параметров эмпирическим методом молекулярной механики, выбрав «Minimize Energy» в пункте ММ2 или последовательно используют программы молекулярной механики и полуэмпирического метода расчета AM1 (расчет ограниченным методом Хартри-Фока) из пункта меню MOPAC.

Результаты вычислений оформляют в виде таблиц, в которые для сравнения вносят данные рентгеноструктурных исследований.

Рассчитанные нами методом молекулярной механики для соединения (I) длины связей, валентные и торсионные углы, а также конформация молекулы как $^4\mathbf{C}_1$ с глобальным минимумом энергии 58,1 ккал/моль, хорошо согласуются с экспериментальными данными. Результаты полуэмпирического метода расчета AM1 (MOPAC) ближе к таковым для скрученной конформации пиранозного цикла ($^3\mathbf{S}_5$).

Проведенные исследования могут быть использованы в конформационном анализе углеводов и других соединений.

Список литературы

1. Бакиновский Л.В. Синтез полисахаридов // Прогресс химии углеводов. – М.: Наука, 1985.

2. Воронцова Л.Г., Декаприлевич М.О., Чижов О.С., Бакиновский Л.В., Бетанели В.И., Овчинников М.В. Рентгенографическое исследование 1,2-О-цианоэтилиденовых производных углеводов зв. // Изв. АН СССР. Серия хим. – 1980. – №10. – С. 2312-2319.

3. Прогноз спектра биологической активности органических соединений. http://www.ibmh.msk.su/PASS.

4. Химический пакет программных средств ChemOffice Ultra 2005 фирмы CambridgeSoft Corporation.

В журнале Российской Академии Естествознания
«Современные наукоемкие технологии» публикуются:

Журнал публикует обзорные и теоретические статьи, материалы международных научных конференций (тезисы докладов) по:

1. Физико-математическим наукам.
2. Химическим наукам.
3. Геолого-минералогическим наукам.
4. Техническим наукам.

Редакция журнала просит авторов при направлении статей в печать руководствоваться изложенными ниже правилами. Работы, присланные без соблюдения перечисленных правил, возвращаются авторам без рассмотрения.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

По техническим наукам принимаются статьи по следующим направлениям:

05.02.00	Машиностроение и машиноведение
05.03.00	Обработка конструкционных материалов в машиностроении
05.04.00	Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение
05.05.00	Транспортное, горное и строительное машиностроение
05.09.00	Электротехника
05.11.00	Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы
05.12.00	Радиотехника и связь
05.13.00	Информатика, вычислительная техника и управление
05.16.00	Металлургия
05.17.00	Химическая технология
05.18.00	Технология продовольственных продуктов
05.20.00	Процессы и машины агроинженерных систем
05.21.00	Технология, машины и оборудование лесозаготовок, лесного хозяйства, деревопереработки и химической переработки биомассы дерева
05.22.00	Транспорт
05.23.00	Строительство
05.26.00	Безопасность деятельности человека

При написании и оформлении статей для печати редакция журнала просит придерживаться следующих правил.

1. В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы.

2. Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на нее.

3. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Каждый рисунок должен иметь подпись (под рисунком), в которой дается объяснение всех его элементов. Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу Microsoft Office Excel. Каждый рисунок вставляется в текст как объект Microsoft Office Excel.

4. Библиографические ссылки в тексте статьи следует давать в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке литературы. Список литературы для оригинальной статьи – не более 10 источников. Список литературы составляется в алфавитном порядке – сначала отечественные, затем зарубежные авторы и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008.

5. Объем статьи не должен превышать 8 страниц формата А4 (1 страница – 2000 знаков), включая таблицы, схемы, рисунки и список литературы.

6. При предъявлении рукописи необходимо сообщать индексы статьи (УДК) по таблицам Универсальной десятичной классификации, имеющейся в библиотеках.

7. К рукописи должен быть приложен краткий реферат (резюме) статьи на русском и английском языках.

Реферат объемом до 10 строк должен кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней результаты.

Реферат подготавливается на русском и английском языках.

Используемый шрифт – курсив, размер шрифта – 10 пт.

Реферат на английском языке должен в начале текста содержать заголовок (название) статьи, инициалы и фамилии авторов также на английском языке.

8. Обязательное указание места работы всех авторов, их должностей и контактной информации.

9. Наличие ключевых слов для каждой публикации.

10. Указывается шифр основной специальности, по которой выполнена данная работа.

11. Редакция оставляет за собой право на сокращение и редактирование статей.

12. Статья должна быть набрана на компьютере в программе Microsoft Office Word в одном файле.

13. В редакцию по электронной почте edition@rae.ru необходимо предоставить публикуемые материалы, сопроводительное письмо и копию платежного документа. Оригиналы запрашиваются редакцией при необходимости.

14. Рукописи статей, оформленные не по правилам не рассматриваются. Присланные рукописи обратно не возвращаются. Не допускается направление в редакцию работ, которые посланы в другие издания или напечатаны в них.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 615.035.4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИОДА ТИТРАЦИИ ДОЗЫ ВАРФАРИНА У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ. ВЗАИМОСВЯЗЬ С КЛИНИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

[1]Шварц Ю.Г., [1]Артанова Е.Л., [1]Салеева Е.В., [1]Соколов И.М.

[1]ГОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского Минздравсоцразвития России», Саратов, Россия (410012, Саратов, ГСП ул. Большая Казачья, 112), e-mail: kateha007@bk.ru

Проведен анализ взаимосвязи особенностей индивидуального подбора терапевтической дозы варфарина и клинических характеристик у больных фибрилляцией предсердий. Учитывались следующие характеристики периода подбора дозы: окончательная терапевтическая доза варфарина в мг, длительность подбора дозы в днях и максимальное значение международного нормализованного отношения (МНО), зарегистрированная в процессе титрования. При назначении варфарина больным с фибрилляцией предсердий его терапевтическая доза, длительность ее подбора и колебания при этом МНО, зависят от следующих клинических факторов – инсульты в анамнезе, наличие ожирения, поражения щитовидной железы, курения, и сопутствующей терапии, в частности, применение амиодарона. Однако у пациентов с сочетанием ишемической болезни сердца и фибрилляции предсердий не установлено существенной зависимости особенностей подбора дозы варфарина от таких характеристик, как пол, возраст, количество сопутствующих заболеваний, наличие желчнокаменной болезни, сахарного диабета II типа, продолжительность аритмии, стойкости фибрилляции предсердий, функционального класса сердечной недостаточности и наличия стенокардии напряжения. По данным непараметрического корреляционного анализа изучаемые нами характеристики периода подбора терапевтической дозы варфарина не были значимо связаны между собой.

Ключевые слова: варфарин, фибрилляция предсердий, международное нормализованное отношение (МНО)

CHARACTERISTICS OF THE PERIOD DOSE TITRATION WARFARIN IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION. RELATIONSHIP WITH CLINICAL FACTORS

[1]Shvarts Y.G., [1]Artanova E.L., [1]Saleeva E.V., [1]Sokolov I.M.

[1]Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia (410012, Saratov, street B.Kazachya, 112), e-mail: kateha007@bk.ru

We have done the analysis of the relationship characteristics of the individual selection of therapeutic doses of warfarin and clinical characteristics in patients with atrial fibrillation. Following characteristics of the period of selection of a dose were considered: a definitive therapeutic dose of warfarin in mg, duration of selection of a dose in days and the maximum value of the international normalised relation (INR), registered in the course of titration. Therapeutic dose of warfarin, duration of its selection and fluctuations in thus INR depend on the following clinical factors – a history of stroke, obesity, thyroid lesions, smoking, and concomitant therapy, specifically, the use of amiodarone, in cases of appointment of warfarin in patients with atrial fibrillation. However at patients with combination Ischemic heart trouble and atrial fibrillation it is not established essential dependence of features of selection of a dose of warfarin from such characteristics, as a sex, age, quantity of accompanying diseases, presence of cholelithic illness, a diabetes of II type, duration of an arrhythmia, firmness of fibrillation of auricles, a functional class of warm insufficiency and presence of a stenocardia of pressure. According to the nonparametric correlation analysis characteristics of the period of selection of a therapeutic dose of warfarin haven't been significantly connected among themselves.

Keywords: warfarin, atrial fibrillation, an international normalized ratio (INR)

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее встречаемый вид аритмии в практике врача [7]. Инвалидизация и смертность больных с ФП остается высокой, особенно от ишемического инсульта и системные эмболии [4]…

Список литературы

1….

Список литературы

Единый формат оформления пристатейных библиографических ссылок в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008 «Библиографическая ссылка»

(Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы)

Статьи из журналов и сборников:

Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопр. философии. – 1992. – № 10. – С. 76-86.

Crawford P.J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works / P.J. Crawford, T. P. Barrett // Ref. Libr. – 1997. Vol. 3, № 58. – P. 75-85.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, могут не повторяться в сведениях об ответственности.

Crawford P.J., Barrett T. P. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works // Ref. Libr. 1997. Vol. 3. № 58. P. 75-85.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве/отсосе // Теплофизика и аэромеханика. – 2006. – Т. 13, №. 3. – С. 369-385.

Кузнецов А.Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке. – М.: Науч. мир, 2003. – С. 340-342.

Монографии:

Тарасова В.И. Политическая история Латинской Америки : учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2006. – С. 305-412.

Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.

Философия культуры и философия науки: проблемы и гипотезы : межвуз. сб. науч. тр. / Сарат. гос. ун-т; [под ред. С. Ф. Мартыновича]. Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1999. – 199 с.

Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованных не из предписанного источника информации.

Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.UJ. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.:ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, не повторяются в сведениях об ответственности. Поэтому:

Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Авторефераты

Глухов В.А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Новосибирск, 2000. –18 с.

Диссертации

Фенухин В. И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северокавказского региона : дис.... канд. полит, наук. – М.. 2002. – С. 54-55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья : аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М. : ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Патенты:

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.

Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедева Г.И., Серегин А.Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745.1998. Бюл. № 33.

Материалы конференций

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион, конф. Ярославль, 2003. 350 с.

Марьинских Д.М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11-12 сент. 2000 г.). – Новосибирск, 2000. – С. 125-128.

Интернет-документы:

Официальные периодические издания : электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб.], 20052007. URL: http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html (дата обращения: 18.01.2007).

Логинова Л. Г. Сущность результата дополнительного образования детей // Образование: исследовано в мире: междунар. науч. пед. интернет-журн. 21.10.03. URL: http://www.oim.ru/reader.asp7nomers 366 (дата обращения: 17.04.07).

Рынок тренингов Новосибирска: своя игра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121 .html (дата обращения: 17.10.08).

Литчфорд Е. У. С Белой Армией по Сибири [Электронный ресурс] // Восточный фронт Армии Генерала А. В. Колчака: сайт. – URL: http://east-front.narod.ru/memo/latchford.htm (дата обращения 23.08.2007).

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткие сообщения представляются объемом не более 1 стр. машинописного текста без иллюстраций. Электронный вариант краткого сообщения может быть направлен по электронной почте edition@rae.ru.

ФИНАНСОВЫЕ УСЛОВИЯ

Статьи, представленные членами Академии (профессорами РАЕ, членами-корреспондентами, действительными членами с указанием номера диплома) публикуются на льготных условиях. Члены РАЕ могут представить на льготных условиях не более одной статьи в номер.

Для членов РАЕ стоимость одной публикации – 350 рублей.

Для других специалистов (не членов РАЕ) стоимость одной публикации – 1250 рублей.

Публикация для аспирантов бесплатно (единственный автор).

Краткие сообщения публикуются без ограничений количества представленных материалов от автора (300 рублей для членов РАЕ и 400 рублей для других специалистов). Краткие сообщения, как правило, не рецензируются. Материалы кратких сообщений могут быть отклонены редакцией по этическим соображениям, а также в виду явного противоречия здравому смыслу. Краткие сообщения публикуются в течение двух месяцев.

Оплата вносится перечислением на расчетный счет.

Получатель ИНН 5837035110 КПП 583701001 ООО «Издательство «Академия Естествознания»	Сч. №	40702810822000010498
Банк получателя АКБ «АБСОЛЮТ БАНК» (ЗАО) г. Москва	БИК	044525976
	Сч. №	30101810500000000976

Назначение платежа: Издательские услуги. Без НДС. ФИО.

Публикуемые материалы, сопроводительное письмо, копия платежного документа направляются по адресу:

– г. Москва, 105037, а/я 47, АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, редакция журнала «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» (для статей)

или

– по электронной почте: edition@rae.ru. При получении материалов для опубликования по электронной почте в течение семи рабочих дней редакцией высылается подтверждение о получении работы.

☎ (499)-7041341, (8412)-561769,
(8412)-304108, (8452)-534116
(8412)-564347
Факс (8452)-477677

stukova@rae.ru;
edition@rae.ru
http://www.rae.ru;
http://www.congressinform.ru

Библиотеки, научные и информационные организации, получающие обязательный бесплатный экземпляр печатных изданий

№ п/п	Наименование получателя	Адрес получателя
1.	Российская книжная палата	121019, г. Москва, Кремлевская наб., 1/9
2.	Российская государственная библиотека	101000, г. Москва, ул. Воздвиженка, 3/5
3.	Российская национальная библиотека	191069, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 18
4.	Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук	630200, г. Новосибирск, ул. Восход, 15
5.	Дальневосточная государственная научная библиотека	680000, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, 1/72
6.	Библиотека Российской академии наук	199034, г. Санкт-Петербург, Биржевая линия, 1
7.	Парламентская библиотека аппарата Государственной Думы и Федерального собрания	103009, г. Москва, ул.Охотный ряд, 1
8.	Администрация Президента Российской Федерации. Библиотека	103132, г. Москва, Старая пл., 8/5
9.	Библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова	119899, г. Москва, Воробьевы горы
10.	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	103919, г. Москва, ул. Кузнецкий мост, 12
11.	Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы	109189, г. Москва, ул. Николоямская, 1
12.	Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук	117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, 51/21
13.	Библиотека по естественным наукам Российской академии наук	119890, г. Москва, ул. Знаменка 11/11
14.	Государственная публичная историческая библиотека Российской Федерации	101000, г. Москва, Центр, Старосадский пер., 9
15.	Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук	125315, г. Москва, ул. Усиевича, 20
16.	Государственная общественно-политическая библиотека	129256, г. Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, корп. 2
17.	Центральная научная сельскохозяйственная библиотека	107139, г. Москва, Орликов пер., 3, корп. В
18.	Политехнический музей. Центральная политехническая библиотека	101000, г. Москва, Политехнический пр-д, 2, п. 10
19.	Московская медицинская академия имени И.М. Сеченова, Центральная научная медицинская библиотека	117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 49
20.	ВИНИТИ РАН (отдел комплектования)	125190, г. Москва, ул. Усиевича, 20, комн. 401.

УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

ДЛЯ ВАШЕГО УДОБСТВА ПРЕДЛАГАЕМ РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ ПОДПИСКИ НА ЖУРНАЛ «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Стоимость подписки

На 1 месяц (2012 г.)	На 6 месяцев (2012 г.)	На 12 месяцев (2012 г.)
720 руб. (один номер)	4320 руб. (шесть номеров)	8640 руб. (двенадцать номеров)

Заполните приведенную ниже форму и оплатите в любом отделении сбербанка.

Извещение

СБЕРБАНК РОССИИ *Форма № ПД-4*

ООО «Издательство «Академия Естествознания»

(наименование получателя платежа)

ИНН 5837035110	40702810822000010498
(ИНН получателя платежа)	(номер счёта получателя платежа)

АКБ «АБСОЛЮТ БАНК» (ЗАО) г. Москва

(наименование банка получателя платежа)

БИК 044525976	30101810500000000976
КПП 583701001	(№ кор./сч. банка получателя платежа)

Ф.И.О. плательщика _____

Адрес плательщика _____

Подписка на журнал «_____»

(наименование платежа)

Сумма платежа _____ руб. ____ коп. Сумма оплаты за услуги _____ руб. ____ коп.

Итого _____ руб. ____ коп. «____»_____ 201_ г.

Кассир

С условиями приёма указанной в платёжном документе суммы, в т.ч. суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

Подпись плательщика _____

Квитанция

СБЕРБАНК РОССИИ *Форма № ПД-4*

ООО «Издательство «Академия Естествознания»

(наименование получателя платежа)

ИНН 5837035110	40702810822000010498
(ИНН получателя платежа)	(номер счёта получателя платежа)

АКБ «АБСОЛЮТ БАНК» (ЗАО) г. Москва

(наименование банка получателя платежа)

БИК 044525976	30101810500000000976
КПП 583701001	(№ кор./сч. банка получателя платежа)

Ф.И.О. плательщика _____

Адрес плательщика _____

Подписка на журнал «_____»

(наименование платежа)

Сумма платежа _____ руб. ____ коп. Сумма оплаты за услуги _____ руб. ____ коп.

Итого _____ руб. ____ коп. «____»_____ 201_ г.

Кассир

С условиями приёма указанной в платёжном документе суммы, в т.ч. суммой взимаемой платы за услуги банка, ознакомлен и согласен

Подпись плательщика _____

Копию документа об оплате вместе с подписной карточкой необходимо выслать по факсу 841-2-56-17-69 или **E-mail: stukova@rae.ru**

Подписная карточка

Ф.И.О. ПОЛУЧАТЕЛЯ (ПОЛНОСТЬЮ)	
АДРЕС ДЛЯ ВЫСЫЛКИ ЗАКАЗНОЙ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ (ИНДЕКС ОБЯЗАТЕЛЬНО)	
НАЗВАНИЕ ЖУРНАЛА (укажите номер и год)	
Телефон (указать код города)	
E-mail, ФАКС	

ЗАКАЗ ЖУРНАЛА «СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Для приобретения журнала необходимо:
1. Оплатить заказ.
2. Заполнить форму заказа журнала.
3. Выслать форму заказа журнала и сканкопию платежного документа в редакцию журнала по **E-mail: stukova@rae.ru.**

Стоимость одного экземпляра журнала (с учетом почтовых расходов):

Для физических лиц – 615 рублей
Для юридических лиц – 1350 рублей
Для иностранных ученых – 1000 рублей

ФОРМА ЗАКАЗА ЖУРНАЛА

Информация об оплате способ оплаты, номер платежного документа, дата оплаты, сумма	
Сканкопия платежного документа об оплате	
ФИО получателя полностью	
Адрес для высылки заказной корреспонденции индекс обязательно	
ФИО полностью первого автора запрашиваемой работы	
Название публикации	
Название журнала, номер и год	
Место работы	
Должность	
Ученая степень, звание	
Телефон (указать код города)	
E-mail	

Особое внимание обратите на точность почтового адреса с индексом, по которому вы хотите получать издания. На все вопросы, связанные с подпиской, Вам ответят по телефону: 841-2-56-17-69.

По запросу (факс 841-2-56-17-69, E-mail: stukova@rae.ru) высылается счет для оплаты подписки и счет-фактура.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ (РАЕ)
РАЕ зарегистрирована 27 июля 1995 г. в Главном Управлении Министерства Юстиции РФ В г. Москва

Академия Естествознания рассматривает науку как национальное достояние, определяющее будущее нашей страны и считает поддержку науки приоритетной задачей. Важнейшими принципами научной политики Академии являются:

− опора на отечественный потенциал в развитии российского общества;

− свобода научного творчества, последовательная демократизация научной сферы, обеспечение открытости и гласности при формировании и реализации научной политики;

− стимулирование развития фундаментальных научных исследований;

− сохранение и развитие ведущих отечественных научных школ;

− создание условий для здоровой конкуренции и предпринимательства в сфере науки и техники, стимулирование и поддержка инновационной деятельности;

− интеграция науки и образования, развитие целостной системы подготовки квалифицированных научных кадров всех уровней;

− защита прав интеллектуальной собственности исследователей на результаты научной деятельности;

− обеспечение беспрепятственного доступа к открытой информации и прав свободного обмена ею;

− развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских организаций различных форм собственности, поддержка малого инновационного предпринимательства;

− формирование экономических условий для широкого использования достижений науки, содействие распространению ключевых для российского технологического уклада научно-технических нововведений;

− повышение престижности научного труда, создание достойных условий жизни ученых и специалистов;

− пропаганда современных достижений науки, ее значимости для будущего России;

− защита прав и интересов российских ученых.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ АКАДЕМИИ

1. Содействие развитию отечественной науки, образования и культуры, как важнейших условий экономического и духовного возрождения России.

2. Содействие фундаментальным и прикладным научным исследованиям.

3. Содействие сотрудничеству в области науки, образования и культуры.

СТРУКТУРА АКАДЕМИИ

Региональные отделения функционируют в 61 субъекте Российской Федерации. В составе РАЕ 24 секции: физико-математические науки, химические науки, биологические науки, геолого-минералогические науки, технические науки, сельскохозяйственные науки, географические науки, педагогические науки, медицинские науки, фармацевтические науки, ветеринарные науки, экономические науки, философские науки, проблемы развития ноосферы, экология животных, исторические науки, регионоведение, психологические науки, экология и здоровье населения, юридические науки, культурология и искусствоведение, экологические технологии, филологические науки.

Членами Академии являются более 5000 человек. В их числе 265 действительных членов академии, более 1000 членов-корреспондентов, 630 профессоров РАЕ, 9 советников. Почетными академиками РАЕ являются ряд выдающихся деятелей науки, культуры, известных политических деятелей, организаторов производства.

В Академии представлены ученые России, Украины, Белоруссии, Узбекистана, Туркменистана, Германии, Австрии, Югославии, Израиля, США.

В состав Академии Естествознания входят (в качестве коллективных членов, юридически самостоятельных подразделений, дочерних организаций, ассоциированных членов и др.) общественные, производственные и коммерческие организации. В Академии представлено около 350 вузов, НИИ и других научных учреждений и организаций России.

ЧЛЕНСТВО В АКАДЕМИИ

Уставом Академии установлены следующие формы членства в академии.

1) профессор Академии
2) коллективный член Академии
3) советник Академии
4) член-корреспондент Академии

5) действительный член Академии (академик)

6) почетный член Академии (почетный академик)

Ученое звание профессора РАЕ присваивается преподавателям высших и средних учебных заведений, лицеев, гимназий, колледжей, высококвалифицированным специалистам (в том числе и не имеющим ученой степени) с целью признания их достижений в профессиональной, научно-педагогической деятельности и стимулирования развития инновационных процессов.

Коллективным членом может быть региональное отделение (межрайонное объединение), включающее не менее 5 человек и выбирающее руководителя объединения. Региональные отделения могут быть как юридическими, так и не юридическими лицами.

Членом-корреспондентом Академии могут быть ученые, имеющие степень доктора наук, внесшие значительный вклад в развитие отечественной науки.

Действительным членом Академии могут быть ученые, имеющие степень доктора наук, ученое звание профессора и ранее избранные членами-корреспондентами РАЕ, внесшие выдающийся вклад в развитие отечественной науки.

Почетными членами Академии могут быть отечественные и зарубежные специалисты, имеющие значительные заслуги в развитии науки, а также особые заслуги перед Академией. Права почетных членов Академии устанавливаются Президиумом Академии.

С подробным перечнем документов можно ознакомиться на сайте **www.rae.ru**

ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Региональными отделениями под эгидой Академии издаются: монографии, материалы конференций, труды учреждений (более 100 наименований в год).

Издательство Академии Естествознания выпускает шесть общероссийских журналов:

1. «Успехи современного естествознания»
2. «Современные наукоемкие технологии»
3. «Фундаментальные исследования»
4. «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований»
5. «Международный журнал экспериментального образования»
6. «Современные проблемы науки и образования»

Издательский Дом «Академия Естествознания» принимает к публикации монографии, учебники, материалы трудов учреждений и конференций.

ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ФОРУМОВ

Ежегодно Академией проводится в России (Москва, Кисловодск, Сочи) и за рубежом (Италия, Франция, Турция, Египет, Таиланд, Греция, Хорватия) научные форумы (конгрессы, конференции, симпозиумы). План конференций – на сайте **www.rae.ru.**

ПРИСУЖДЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО СЕРТИФИКАТА КАЧЕСТВА РАЕ

Сертификат присуждается по следующим номинациям:

• Лучшее производство – производители продукции и услуг, добившиеся лучших успехов на рынке России;

• Лучшее научное достижение – коллективы, отдельные ученые, авторы приоритетных научно-исследовательских, научно-технических работ;

• Лучший новый продукт – новый вид продукции, признанный на российском рынке;

• Лучшая новая технология – разработка и внедрение в производство нового технологического решения;

• Лучший информационный продукт – издания, справочная литература, информационные издания, монографии, учебники.

Условия конкурса на присуждение «Национального сертификата качества» на сайте РАЕ **www.rae.ru.**

С подробной информацией о деятельности РАЕ (в том числе с полными текстами общероссийских изданий РАЕ) можно ознакомиться на сайте РАЕ – www.rae.ru

105037, г. Москва, а/я 47,
Российская Академия Естествознания.
E-mail: **stukova@rae.ru**
edition@rae.ru