

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Том 60 Номер 7 2017

• МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛЬНЫХ МАШИН

• МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ НА ВЕЛИЧИНУ СБРОСОВ МЕХАНИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЛЕНТОЧНЫХ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЕЙ С БЕЙНИТНОЙ И МАРТЕНСИТНОЙ СТРУКТУРАМИ

• ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАКЕЛОВ ГОРЕНИЯ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ РАСПЛАВА В АГРЕГАТАХ КОНВЕРТЕРНОГО ТИПА

• ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

№ 7, 2017

Издается с января 1958 г. ежемесячно

Том 60

ИЗВЕСТИЯ

ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

Главный редактор: ЛЕОНТЬЕВ Л.И.
(Российская Академия Наук, г. Москва)

Заместитель главного редактора: ПРОТОПОПОВ Е.В.
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Ответственный секретарь: ПОЛУЛЯХ Л.А.
(Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)

Заместитель ответственного секретаря: БАЩЕНКО Л.П.
(Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)

Члены редакционной коллегии:

АЛЕШИН Н.П. (Российская Академия Наук, г. Москва)
АСТАХОВ М.В. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
АШИХМИН Г.В. (ОАО «Институт Цветмет-обработка», г. Москва)
БАЙСАНОВ С.О. (Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, г. Караганда, Республика Казахстан)
БЕЛОВ В.Д. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
БРОДОВ А.А., редактор раздела «Экономическая эффективность металлургического производства» (ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва)
ВОЛЫНКИНА Е.П. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ГЛЕЗЕР А.М. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ГОРБАТЮК С.М. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ГРИГОРОВИЧ К.В., редактор раздела «Металлургические технологии» (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
ГРОМОВ В.Е. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ДМИТРИЕВ А.Н. (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)
ДУБ А.В. (ЗАО «Наука и инновации», г. Москва)
ЖУЧКОВ В.И. (Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург)
ЗИНГЕР Р.Ф. (Институт Фридриха-Александра, Германия)
ЗИНИГРАД М. (Институт Ариэля, Израиль)
ЗОЛОТУХИН В.И. (Тульский государственный университет, г. Тула)

КОЛМАКОВ А.Г. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
КОЛОКОЛЬЦЕВ В.М. (Магнитогорский государственный технический университет, г. Магнитогорск)
КОСТИНА М.В. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)
КОСЫРЁВ К.Л. (АО «НПО «ЦНИИТМаш», г. Москва)
КУРГАНОВА Ю.А. (МГУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
КУРНОСОВ В.В. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ЛАЗУТКИН С.С. (ГК «МетПром», г. Москва)
ЛИНН Х. (ОО «Линн Хай Терм», Германия)
ЛЫСАК В.И. (Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград)
МЫШЛЯЕВ Л.П. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
НИКУЛИН С.А. (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
НУРУМГАЛИЕВ А.Х. (Карагандинский государственный индустриальный университет, г. Караганда, Республика Казахстан)
ОСТРОВСКИЙ О.И. (Университет Нового Южного Уэльса, Сидней, Австралия)
ПОДГОРОДЕЦКИЙ Г.С., редактор раздела «Ресурсосбережение в черной металлургии» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ПЫШМИНЦЕВ И.Ю., редактор раздела «Инновации в металлургическом и лабораторном оборудовании, технологиях и материалах» (Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности, г. Челябинск)

РАШЕВ Ц.В., редактор раздела «Стали особого назначения» (Академия наук Болгарии, Болгария)
РУДСКОЙ А.И. (Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург)
СИВАК Б.А. (АО АХК «ВНИИМЕТМАШ», г. Москва)
СИМОНЯН Л.М., редактор раздела «Экология и рациональное природопользование» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
СМИРНОВ Л.А. (ОАО «Уральский институт металлов», г. Екатеринбург)
СОЛОДОВ С.В., редактор раздела «Информационные технологии и автоматизация в черной металлургии» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
СПИРИН Н.А. (Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург)
ТАНГ ГУОИ (Институт перспективных материалов университета Циньхуа, г. Шеньжень, Китай)
ТЕМЛЯНЦЕВ М.В. (Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк)
ФИЛОНОВ М.Р., редактор раздела «Материаловедение» (Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва)
ЧУМАНОВ И.В. (Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск)
ШЕШУКОВ О.Ю. (Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург)
ШПАЙДЕЛЬ М.О. (Швейцарская академия материаловедения, Швейцария)
ЮРЬЕВ А.Б. (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк)
ЮСУПОВ В.С. (Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, г. Москва)

Учредители:



Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»



Сибирский государственный индустриальный университет

Настоящий номер журнала подготовлен к печати
Сибирским государственным индустриальным университетом

Адреса редакции:

119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 4
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».
Тел./факс: (495) 638-44-11, (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@misis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Новокузнецк, 7,
Кемеровской обл., ул. Кирова, д. 42
Сибирский государственный индустриальный университет,
Тел.: (3843) 74-86-28
E-mail: redjzvz@sibsiiu.ru

Журнал «Известия ВУЗов. Черная металлургия» по решению ВАК входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук»

IZVESTIYA

VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA

IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY

Editor-in-Chief: LEONTEV L.I.
(Russian Academy of Sciences, Moscow)

Deputy Editor-in-Chief: PROTOPOPOV E.V.
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Executive secretary: POLULYAKH L.A.
(National Research Technological University "MISIS", Moscow)

Deputy Executive secretary: BASHCHENKO L.P.
(Siberian State Industrial University, Novokuznetsk)

Editorial Board:

N.P. ALESHIN (Russian Academy of Sciences, Moscow)
G.V. ASHIKHMIN (JSC "Institute
Tsvetmetobrabotka", Moscow)

M.V. ASTAKHOV (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

S.O. BAISANOV (Abishev Chemical-Metallurgical
Institute, Karaganda, Republic of Kazakhstan)

V.D. BELOV (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

A.A. BRODOV, Editor of the section "Economic
efficiency of metallurgical production" (IP Bardin
Central Research Institute for Ferrous Metallurgy,
Moscow)

I.V. CHUMANOV (South Ural State Research
University, Chelyabinsk)

A.N. DMITRIEV (Institute of Metallurgy, Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal
University, Ekaterinburg)

A.V. DUB (JSC "Science and Innovations", Moscow)

M.R. FILONOV, Editor of the section "Material
science" (National Research Technological University
"MISIS", Moscow)

A.M. GLEZER (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

S.M. GORBATYUK (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

K.V. GRIGOROVICH, Editor of the section "Metallur-
gical Technologies" (Baikovo Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

V.E. GROMOV (Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk)

A.G. KOLMAKOV (Baikovo Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

V.M. KOLOKOL'TSEV (Magnitogorsk State Technical
University, Magnitogorsk)

M.V. KOSTINA (Baikovo Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

K.L. KOSYREV (JSC "NPO "TSNIITMash", Moscow)

YU.A. KURGANOVA (Bauman Moscow State
Technical University, Moscow)

V.V. KURNOSOV (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

S.S. LAZUTKIN (Group of Companies "MetProm",
Moscow)

H. LINN (Linn High Therm GmbH, Hirschbach,
Germany)

V.I. LYSAK (Volgograd State Technical University,
Volgograd)

L.P. MYSHLYAEV (Siberian State Industrial
University, Novokuznetsk)

S.A. NIKULIN (National Research Technological
University "MISIS", Moscow)

A.KH. NURUMGALIEV (Karaganda State Industrial
University, Karaganda, Republic of Kazakhstan)

O.I. OSTROVSKI (University of New South Wales,
Sidney, Australia)

G.S. PODGORODETSKII, Editor of the section
"Resources Saving in Ferrous Metallurgy" (National
Research Technological University "MISIS", Moscow)

I.YU. PYSHMINTSEV, Editor of the section
"Innovations in metallurgical industrial and
laboratory equipment, technologies and materials"
(Russian Research Institute of the Pipe Industry,
Chelyabinsk)

TS.V. RASHEV, Editor of the section "Superduty steel"
(Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria)

A.I. RUDSKOI (Peter the Great Saint-Petersburg
Polytechnic University, Saint-Petersburg)

O.YU. SHESHUKOV (Ural Federal University,
Ekaterinburg)

L.M. SIMONYAN, Editor of the section "Ecology
Rational Use of Natural Resources" (National Research
Technological University "MISIS", Moscow)

R.F. SINGER (Friedrich-Alexander University,
Germany)

B.A. SIVAK (VNIIMETMASH Holding Company,
Moscow)

L.A. SMIRNOV (OJSC "Ural Institute of Metals",
Ekaterinburg)

S.V. SOLODOV, Editor of the section "Information
Technologies and Automatic Control in Ferrous
Metallurgy" (National Research Technological University
"MISIS", Moscow)

M. SPEIDEL (Swiss Academy of Materials, Switzerland)

N.A. SPIRIN (Ural Federal University, Ekaterinburg)

TANG GUOI (Institute of Advanced Materials of
Tsinghua University, Shenzhen, China)

M.V. TEMLYANTSEV (Siberian State Industrial
University, Novokuznetsk)

E.P. VOLYNKINA (Siberian State Industrial
University, Novokuznetsk)

A.B. YUR'EV (OJSC "ZSMK", Novokuznetsk)

V.S. YUSUPOV (Baikovo Institute of Metallurgy and
Materials Science of RAS, Moscow)

V.I. ZHUCHKOV (Institute of Metallurgy, Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal
University, Ekaterinburg)

M. ZINIGRAD (Ariel University, Israel)

V.I. ZOLOTUKHIN (Tula State University, Tula)

Founders:



National Research Technological University "MISIS"



Siberian State Industrial University

This issue of the journal was prepared by
Siberian State Industrial University

Editorial Addresses:

119049, Moscow, Leninskii prosp., 4
National Research Technological University "MISIS",
Tel./fax: +7 (495) 638-44-11, +7 (499) 236-14-27
E-mail: fermet.misis@mail.ru, ferrous@sisis.ru
www.fermet.misis.ru

654007, Novokuznetsk, Kemerovo region,
Kirova str., 42
Siberian State Industrial University,
Tel.: +7 (3843) 74-86-28
E-mail: redjizvz@sibsiu.ru

Journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is included in the "List of the leading peer-reviewed scientific journals and publications, in which should be published major scientific results of dissertations for the degree of doctor and candidate of sciences" by the decision of the Higher Attestation Commission.

Journal "Izvestiya VUZov. Chernaya Metallurgiya = Izvestiya. Ferrous metallurgy" is registered
in Federal Service for Supervision in the Sphere of Mass Communications PI number FS77-35456

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Попов В.Н., Черепанов А.Н.** Оптимизация распределения модифицирующего материала при лазерной обработке поверхности металла 505
- Зайдес С.А., Нгуен Ван Хуан** Изгибная жесткость стальных прутков 512
- Филиппова М.В., Темлянцева М.В., Перетьяко В.Н., Прудкий Е.Е.** Математическое моделирование прокатки шаров 516
- Лехов О.С., Михалев А.В.** Исследование установки непрерывного литья и деформации для производства листов из стали для сварных труб. Сообщение 2 522
- Герике П.Б., Гаряшин В.В., Тагильцев-Галета К.В.** Классификация защитных устройств щековых дробильных машин 527

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

- Крыков Р.Е., Козырев Н.А., Прохоренко О.Д., Башченко Л.П., Кибко Н.В.** Металлографические исследования качества сварных швов, полученных при сварке под флюсом на основе шлака силикомарганца 531

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Федотов Д.Ю., Сидоров С.А., Федоров В.А., Плужникова Т.Н., Яковлев А.В.** Влияние процессов релаксации на величину сбросов механического напряжения в ленточных аморфных и нанокристаллических сплавах при электроимпульсном воздействии 538
- Аксёнова К.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Никитина Е.Н., Косинов Д.А.** Перераспределение углерода при деформации сталей с бейнитной и мартенситной структурами 544
- Теплякова Л.А., Куницкая Т.С., Конева Н.А., Кашин А.Д.** Деформационное упрочнение монокристаллов ГЦК сплава на мезоуровне 549

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

- Солоненко В.В., Протопопов Е.В., Фейлер С.В., Якушевич Н.Ф.** Термодинамическое обоснование возможности использования высокотемпературных факелов горения для окисления примесей расплава в агрегатах конвертерного типа. Сообщение 1. Термодинамический анализ процессов, протекающих в факеле горения при использовании природного газа 556

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Новичихин А.В., Шорохова А.В.** Процедуры управления поэтапной переработкой железорудных отходов горнопромышленных районов 565

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

- Гурин И.А., Лавров В.В., Спирин Н.А., Никитин А.Г.** Веб-технологии построения автоматизированных информационно-моделирующих систем технологических процессов в металлургии 573

CONTENTS

METALLURGICAL TECHNOLOGIES

- V.N. Popov, A.N. Cherepanov** Optimization of modifying material distribution during laser processing of the metal surface 505
- S.A. Zaides, Nguen Van Khuan** Influence of parameters of the calibration process on bending stiffness of steel rod 512
- M.V. Filippova, M.V. Temlyantseva, V.N. Peretyat'ko, E.E. Prudkii** Mathematical modeling of balls rolling 516
- O.S. Lekhov, A.V. Mikhalev** Continuous casting and deformation installation for the production of steel plates for welded pipes. Report 2 522
- P.B. Gerিকে, V.V. Garyashin, K.V. Tagil'tsev-Galeta** Classification of protection devices of jaw crushers 527

RESOURCE SAVING IN FERROUS METALLURGY

- R.E. Kryukov, N.A. Kozyrev, O.D. Prokhorenko, L.P. Bashchenko, N.V. Kibko** Metallographic investigations of quality of welding seam obtained by silicomanganese slag flux welding 531

MATERIAL SCIENCE

- D.Yu. Fedotov, S.A. Sidorov, V.A. Fedorov, T.N. Pluzhnikova, A.V. Yakovlev** Influence of relaxation processes on mechanical stress shifts in amorphous and nanocrystalline ribbon alloys at electropulse exposure 538
- K.V. Aksenova, V.E. Gromov, Yu.F. Ivanov, E.N. Nikitina, D.A. Kosinov** Carbon redistribution under deformation of steels with bainite and martensite structures 544
- L.A. Teplyakova, T.S. Kunitsyna, N.A. Koneva, A.D. Kashin** Strain hardening of monocrystals of alloy FCC at mesolevel 549

PHYSICO-CHEMICAL BASICS OF METALLURGICAL PROCESSES

- V.V. Solonenko, E.V. Protopopov, S.V. Feiler, N.F. Yakushevich** Thermodynamic justification of opportunity of using high-temperature combustion flanks for oxidation of melt impurities in aggregates of converter type. Report 1. Thermodynamic analysis of processes in combustion flame when using natural gas 556

ECOLOGY AND RATIONAL USE OF NATURAL RESOURCES

- A.V. Novichikhin, A.V. Shorokhova** Procedures for stage processing of iron-ore wastes in industrial mining areas 565

INFORMATION TECHNOLOGIES AND AUTOMATIC CONTROL IN FERROUS METALLURGY

- I.A. Gurin, V.V. Lavrov, N.A. Spirin, A.G. Nikitin** Web-technologies for construction of automated information-modeling systems of technological processes in metallurgy 573

УДК 658.52.56.004.057.5

ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩИХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕТАЛЛУРГИИ

Гурин И.А.¹, аспирант кафедры «Теплофизика и информатика в металлургии» (ivan.gurin@urfu.ru)

*Лавров В.В.¹, д.т.н., профессор кафедры «Теплофизика и информатика
в металлургии» (v.v.lavrov@urfu.ru)*

*Спириин Н.А.¹, д.т.н., профессор кафедры «Теплофизика и информатика
в металлургии» (n.a.spirin@urfu.ru)*

*Никитин А.Г.², д.т.н., доцент, директор института машиностроения и транспорта,
заведующий кафедрой механики и машиностроения (dir.imit@mail.ru)*

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
(620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28)

² Сибирский государственный индустриальный университет
(654007, Россия, Кемеровская обл., г. Новокузнецк, ул. Кирова, д. 42)

Аннотация. Рассмотрены особенности программного обеспечения (ПО) информационных систем (ИС) для работы инженерно-технологического персонала на металлургических предприятиях. ПО включает автоматизированные рабочие места, системы поддержки принятия решений, информационно-моделирующие системы, экспертные системы и др. Они представляют собой оконные (десктопные) приложения, написанные на высокоуровневых языках программирования (Visual C#, Visual Basic и др.). Обработка технологической информации, поступающей с сервера управления базами данных (СУБД) предприятия, включает в себя необходимость решения комплекса задач математического программирования, систем дифференциальных уравнений, задач математической физики и др. Такие задачи невозможно решить с помощью стандартного набора математических средств языков программирования общего назначения, поэтому разработка информационно-моделирующих систем осуществляется при взаимодействии с внешним ПО, например Microsoft Excel, MATLAB. В основе взаимодействия с Microsoft Excel лежит технология COM Interop, предполагающая установку ПО Microsoft Office на каждый клиентский компьютер. Для взаимодействия с MATLAB требуется предварительная сборка библиотеки в среде MATLAB Compiler и ее подключение к программе. Выполнение на клиентском компьютере достигается установкой свободно распространяемого пакета MATLAB Runtime. Однако требования по функциональности, доступности и кроссплатформенной переносимости, предъявляемые к современным информационным системам предприятия, не могут быть выполнены в оконных приложениях, использующих Windows Forms. Этим обусловлен поиск новых технологий и средств создания информационных систем. Наиболее рациональной является технология построения веб-приложений на базе фреймворка ASP.NET MVC, позволяющая без модификации перенести математические библиотеки, модули взаимодействия с Microsoft Excel, MATLAB из Windows Forms. Представлена структура веб-приложения, используемая при разработке ПО, отвечающего современным требованиям к работе информационных систем, что предполагает наличие на веб-странице следующих функциональных областей: логотип и заголовков текущей страницы, меню состояния сеанса, функциональное меню, групповые операции, уведомления и рабочее пространство.

Ключевые слова: информационная система, программное обеспечение, архитектура, веб-программирование, математическая библиотека, дизайн, Windows Forms, ASP.NET MVC, MATLAB Runtime.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-7-573-579

Информационными системами для работы инженерно-технологического персонала на промышленном предприятии являются автоматизированные рабочие места, системы поддержки принятия решений, информационно-моделирующие системы, экспертные системы и др. Такие системы предназначены для обработки и представления информации о технологическом процессе, решения технологических задач, модельной поддержки технологии обработки материалов, что в конечном итоге направлено на улучшение технико-экономических показателей и эффективности металлургического производства. В доменном производстве информационно-

моделирующие системы позволяют решать комплекс взаимосвязанных технологических задач, в частности производить: расчет материальных и тепловых балансов доменной плавки; моделирование теплового, шлакового и газодинамического режимов работы доменных печей; выбор оптимального состава доменной шихты; расчет зоны вязкопластичного состояния железорудных материалов; прогнозирование технологических ситуаций; оптимизацию распределения топливно-энергетических ресурсов в группе доменных печей [1 – 5].

Большинство созданных автоматизированных информационных систем для работы инженерно-техно-

логического персонала представляют собой оконные приложения, написанные на высокоуровневых языках программирования (Visual C#, Visual Basic или других языках разработки приложений для платформы Microsoft .NET Framework). Это клиент-серверное ПО, в котором сервером является СУБД предприятия, хранящая в базе данных (БД) первичную технологическую информацию. Клиентское приложение запрашивает данные из БД, обрабатывает их и выводит расчетные показатели на пользовательскую форму. Процесс обработки данных, как правило, включает в себя необходимость численного решения: задач математического программирования, систем алгебраических и дифференциальных уравнений, задач математической физики. Такие задачи невозможно решить с помощью стандартного набора математических средств языков программирования общего назначения, поэтому разработка информационно-моделирующих систем осуществляется при взаимодействии с внешним ПО, например, программой для работы с электронными таблицами Microsoft Excel, пакетом прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB. Связь с внешними приложениями накладывает ограничения на выбор средств разработки, поэтому рассмотрим особенности интеграции разрабатываемых на языке программирования C# приложений с Microsoft Excel и MATLAB.

Интеграция C# и Microsoft Excel. В основу взаимодействия с Microsoft Excel положена технология COM Interop, позволяющая объектам COM взаимодействовать с объектами программной платформы .NET Framework. Поддержка работы технологии COM Interop обеспечивается подключением библиотеки Microsoft.Office.Interop.Excel. Библиотека позволяет выполнять практически любые операции, которые можно осуществить вручную через интерфейс пользователя. Она включает возможности чтения и изменения ячеек на листах книги, создание диаграмм и вызов макросов.

Рассмотрим схему решения математической задачи на языке программирования C# с подключением к Microsoft Excel. Для решения задачи используется заранее подготовленный файл электронной таблицы, в котором записаны структура математической модели (этапы решения технологической задачи) и нормативно-справочные данные для расчета. Этот файл встраивается в создаваемое ПО и открывается в скрытом режиме при запуске пользователем алгоритма расчета. После открытия осуществляется обновление заранее опреде-

ленного диапазона ячеек, вызывается процесс расчета, а затем происходит считывание его результатов. Вызов процесса расчета реализуется макросом. Шаги такой процедуры представлены на рис. 1.

Первоначально математические модели и алгоритмы обычно проверяются и отлаживаются в файлах электронных таблиц на наборе тестовых данных, поэтому подход интеграции C# и Microsoft Excel может повысить скорость разработки ПО за счет исключения времени на разработку и отладку математической библиотеки.

Такой подход имеет ряд недостатков:

- максимальное количество ограничений в надстройке «Поиск решения» при нахождении целевой функции составляет 100; это ограничение не позволяет гибко решать сложные задачи с большим количеством ограничений;

- низкая скорость решения задачи; действия с файлом электронной таблицы осуществляются через открытие приложения Microsoft Excel в фоновом режиме, открытие занимает значительный промежуток времени, а выполнение операций чтения и записи осуществляется с задержкой;

- зависание процесса Excel на компьютере пользователя; даже корректное программное завершение работы с приложением Microsoft Excel и освобождение ресурсов на стороне приложения не приводит к реальному освобождению ресурсов на вычислительной станции;

- необходимость хранения отношений между данными приложения и соответствующими ячейками Excel-файла; другими словами, логика работы клиентского приложения связана с реализацией модели оптимизации в Excel-файле, поэтому любое изменение модели требует постоянной коррекции диапазонов ячеек и перекомпиляции приложения;

- требования программной совместимости версий; библиотека объектов поставляется вместе с приложением Microsoft Excel и может быть несовместима с версией, используемой при разработке программного обеспечения.

Интеграция C# и MATLAB. Отличительной особенностью MATLAB от других математических пакетов является наличие встроенных в него разнообразных средств решения большинства известных математических задач, которые можно использовать (встраивать) при создании автономных приложений [6]. Такая возможность реализуется с помощью продукта MATLAB

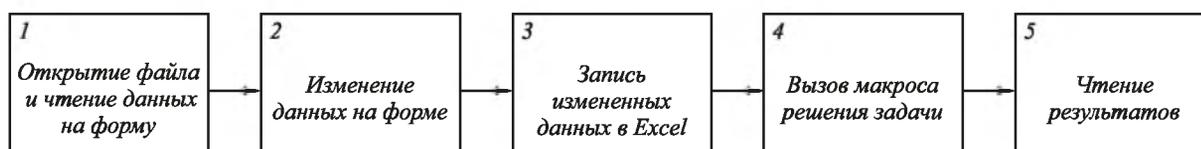


Рис. 1. Схема решения математической задачи при интеграции C# и Microsoft Excel

Fig. 1. The scheme of mathematical problem solving through integration of C # and Microsoft Excel

Compiler. Этот продукт позволяет собирать модули в виде:

- независимых программных приложений;
- C/C++ библиотек (DLL в Windows, разделяемые библиотеки в Linux);
- программных компонентов, таких как классы Java, сборки .NET или надстройки Microsoft Excel для использования в других приложениях.

Приложения и библиотеки, созданные с помощью MATLAB Compiler, используют свободно распространяемое исполняемое ядро, называемое MATLAB Runtime (MCR). Это позволяет запускать приложения, которые используют MATLAB-функции без необходимости установки дорогостоящей копии MATLAB.

Одним из инструментов для создания математических библиотек или внешних компонентов является Deployment Tool, представляющий собой графический интерфейс. Вызов данного инструмента осуществляется командой *deploytool*.

Название проекта определяет пространство имен, используемое в дальнейшем в Visual C#. Проект состоит из классов, которые в свою очередь включают М-файлы. Каждый М-файл включает одну функцию, которая вызывается как метод соответствующего класса в C#.

Анализ опыта решения математических задач с использованием пакетов Microsoft Excel и MATLAB позволяет отметить следующее:

– работа с файлом электронной таблицы осуществляется только при наличии установленной версии Microsoft Office, а вызов функций MATLAB осуществляется при наличии установленной версии свободно распространяемого исполняемого ядра MATLAB Runtime;

– использование внешних пакетов позволяет существенно сократить время разработки ПО за счет использования реализованных в них алгоритмов и методов решения математических задач.

Рассмотрим структуру информационной системы для работы инженерно-технологического персонала на металлургическом предприятии. Как уже говорилось, приложения, входящие в информационную систему, являются оконными. Таких приложений может быть несколько на одном рабочем месте, каждое рабочее место может включать различное ПО. Структура такой системы представлена на рис. 2.

Требования, предъявляемые к современным информационным системам (ИС) предприятия [7], не могут быть выполнены в оконных приложениях, в частности:

- функциональность – свойство, обуславливающие способность ПО ИС выполнять определенный перечень функций, которые удовлетворяют установленные или предполагаемые потребности в соответствии с его назначением;
- надежность функционирования – свойство ПО ИС сохранять работоспособность и преобразовывать

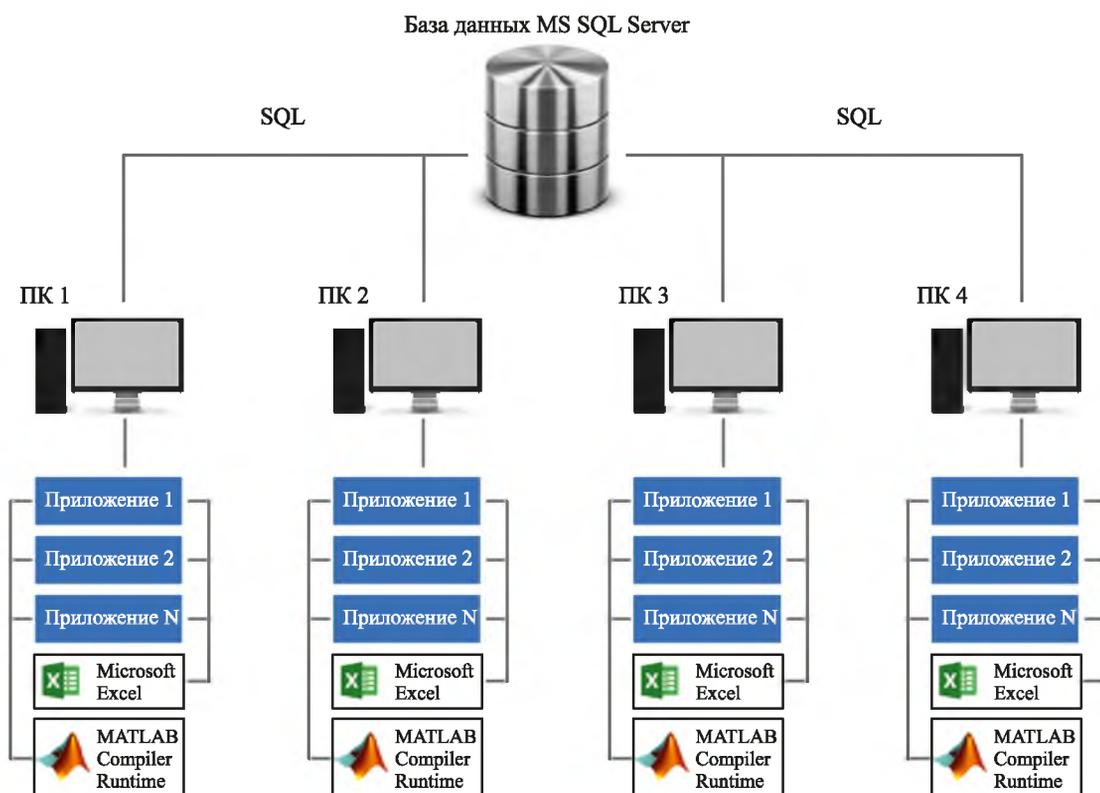


Рис. 2. Структура информационной системы для работы инженерно-технологического персонала металлургического предприятия

Fig. 2. Structure of the information system for engineering personnel of metallurgical enterprise

исходные данные в искомый результат в номинальных условиях за установленный период времени:

- удобство использования и доступность ПО – свойство, обеспечивающие пользователям комфортные условия и доступность для использования с заданного места;
- эффективность – свойство, характеризующееся степенью соответствия используемых ресурсов среды функционирования уровню качества функционирования при заданных условиях применения;
- переносимость – свойство, обуславливающие приспособленность ПО для переноса из одной среды функционирования в другую.

Созданное ранее ПО соответствует требованиям функциональности, надежности функционирования и эффективности. Однако оно разрабатывалось под конкретную аппаратно-программную платформу, поэтому не соответствует требованиям доступности и кроссплатформенной переносимости. Современные требования подразумевают оперативный доступ к информации, что невозможно обеспечить при данном подходе. Этим обусловлен поиск новой технологии и средств создания информационных систем для инженерного персонала предприятия [8 – 18].

Все приложения можно разделить на две больших категории: десктоп и веб. Десктоп-приложения при используемой клиент-серверной архитектуре делятся на «толстый» и «тонкий» клиенты в зависимости от «функционала», который реализуется на машине клиента. Архитектура «тонкого» клиента позволяет лишь увеличить скорость разработки кроссплатформенного ПО, но не снимает задачу разработки отдельных продуктов под каждую платформу.

Современные десктоп-приложения разрабатываются как универсальные приложения, которые компилируются под разные платформы. Однако и они не решают в полной мере проблему переносимости на любую платформу, будь то смартфон, планшет или ноутбук.

Веб-технологии позволяют создавать приложения с различной переносимостью. Например, Rich Internet Application (RIA), использующие технологии ActiveX, Adobe Flash, Java, Silverlight, не позволяют создавать кроссплатформенные и кроссбраузерные. Традиционные веб-приложения доступны с любого устройства, имеющего браузер, позволяют создавать адаптивные сервисы, обеспечивающие правильное отображение данных на различных устройствах.

Среди недостатков веб-приложений можно отметить их общедоступность, необходимость наличия соединения с сетью и невозможность запуска сложных (тяжеловесных) проектов. Разрабатываемые системы являются клиент-серверными, поэтому проблема соединения с сетью не является актуальной. Разрабатываемые приложения не являются тяжеловесными, а проблема общедоступности решается настройкой безопасности сети.

На основе проведенного анализа рациональной технологии для перехода от оконных приложений Windows Forms к построению веб-приложений выбрана разработка на базе фреймворка ASP.NET MVC [8, 10]. И те, и другие используют программную платформу .NET Framework. Это позволяет без модификации перенести динамически подключаемые библиотеки, модули взаимодействия с Microsoft Excel и MATLAB из Windows Forms. Переход к ASP.NET не требует понимания бизнес-процессов, технологии производства на предприятии, знания математических основ моделирования, а включает рутинную работу по созданию веб-страниц и обработчиков, аналогичных соответствующим формам в оконном приложении.

Рассмотрим структуру информационной системы для работы инженерно-технологического персонала, построенную на базе ASP.NET MVC (рис. 3).

В такой системе в качестве клиента выступает любое устройство, имеющее браузер. На клиенте теперь



Рис. 3. Структура информационной системы для инженерно-технологического персонала, построенной на базе ASP.NET MVC

Fig. 3. Structure of the information system for engineering personnel, built on the basis of ASP.NET MVC

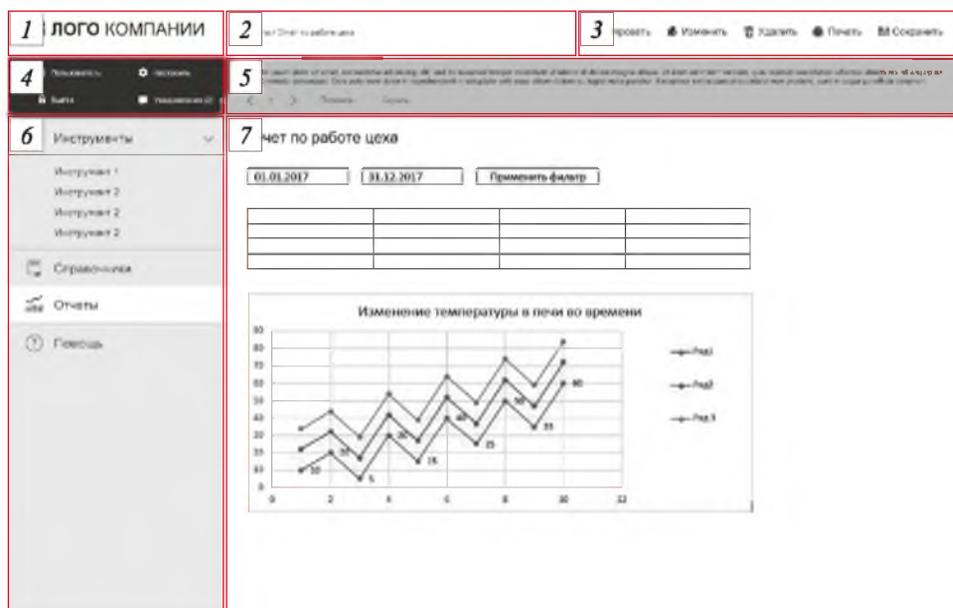


Рис. 4. Структура предлагаемого веб-приложения:

1 – логотип; 2 – заголовок текущей страницы; 3 – групповые операции; 4 – меню состояния сеанса; 5 – уведомления; 6 – функциональное меню; 7 – рабочее пространство

Structure of web application proposed:

1 – logo; 2 – title of current page; 3 – group operations; 4 – session status menu; 5 – notices; 6 – functional menu; 7 – workspace

не требуется установка специализированного программного обеспечения. Программная платформа .NET Framework, пакеты Microsoft Office и MATLAB установлены на сервере приложений. Сервер приложений выполняет роль веб-сервера, самостоятельно выполняет обращения к базе данных и взаимодействует с внешними пакетами.

На основе исследования тенденций в создании структуры и дизайна современных веб-приложений [15, 19 – 22], собственного опыта проектирования и создания информационно-моделирующих систем в аглодоменном производстве [1 – 5] разработана структура веб-приложения, представленная на рис. 4. Эта структура соответствует современным требованиям к информационным системам и предусматривает наличие на веб-странице следующих функциональных областей: логотип и заголовок текущей страницы, меню состояния сеанса и функциональное меню, групповые операции обработки данных, уведомления и рабочее пространство (формы изменения данных, табличные и графические данные).

Выводы. Комплекс требований к ПО информационно-моделирующих систем технологических процессов в металлургии по функциональности, надежности функционирования и переносимости существенно возрос, что вызывает необходимость совершенствования технологии программирования, методологии и средств разработки. Предложены варианты методов и средств разработки ПО, отвечающие современным требованиям. Установлено, что при создании информационно-моделирующих систем, в основе которых лежит

клиент-серверная архитектура, этим требованиям в наибольшей степени соответствует веб-технология. Показаны преимущества разработки веб-приложений на базе «фреймворка» ASP.NET MVC при переходе на них от существующих оконных приложений. Предложен вариант структуры веб-приложения, которая предполагает сохранение функционала оконных приложений и компоновки данных в рабочем пространстве. В то же время используются удобные и привычные для веб-проектов области информационных и навигационных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Н.А. Спирина, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев и др.; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: изд. УрФУ, 2014. – 558 с.
2. Spirin N.A., Gileva L.Y., Lavrov V.V. Information modeling system for blast furnace control. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Proc. 19th International Scientific Conference on Metallurgy: Technologies, Innovation, Quality, Metallurgy 2015]. Novokuznetsk, 2016, Vol. 150, I. 1. DOI: 10.1088/1757-899X/150/1/012011.
3. Spirin N.A., Lavrov V.V., Kosachenko I.E., Onorin O.P., Istomin A.S., Burykin A.A., Shchipanov K.A. Software for the raw-materials management system in blast-furnace smelting // Metallurgist. 2015. Vol. 59. I. 1. P. 104 – 112. DOI: 10.1007/s11015-015-0068-7.
4. Lavrov V.V., Spirin N.A., Burykin A.A., Shchipanov K.A., Rybолоvlev V.Y. Automatic control software for the blast-furnace shop // Steel in Translation. 2015. Vol. 45. I. 9. P. 669 – 673. DOI: 10.3103/S0967091215090090.
5. Lavrov V.V., Spirin, N.A. Automated information system for analysis and prediction of production situations in blast furnace plant. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Proc. 19th

- International Scientific Conference on Metallurgy: Technologies, Innovation, Quality, Metallurgy 2015]. Novokuznetsk. 2016. Vol. 150. I. 1. DOI: 10.1088/1757-899X/150/1/012010.
6. Кетков Ю.И. MATLAB 7: программирование, численные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 752 с.
 7. Vyatkin V. Software engineering in industrial automation: state-of-the-art review // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2013. Vol. 9. № 3. P. 1234 – 1249.
 8. Макдональд М. WPF: Windows Presentation Foundation в .NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов. – М.: Вильямс, 2011. – 1024 с.
 9. Dimitrov B.H., Nenov H.B., Marinov A.S. Comparative analysis between methodologies and their software realizations applied to modeling and simulation of industrial thermal processes [Proc. 36th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2013]. Opatija; Croatia; 20-24 May 2013. Article number 6596383. P. 891 – 895.
 10. Amalfitano D., Fasolino A.R., Maggio V., Tramontana P., Di Mare G., Ferrara F., Scala S. Migrating legacy spreadsheets-based systems to Web MVC architecture: An industrial case study. [Proc. Software Evolution Week - IEEE Conference on Software Maintenance, Reengineering, and Reverse Engineering 2014, CSMR-WCRE 2014]. Antwerp, Belgium. 3-6 February 2014. Article number 6747201. P. 387 – 390. DOI: 10.1109/CSMR-WCRE.2014.6747201.
 11. Zhang B., Bao L., Zhou R., Hu S., Chen P. A black-box strategy to migrate GUI-based legacy systems to web services. SOSE 2008 [Proc. of the 4th IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering]. Jhongli, Taiwan. 18-19 December 2008. Article number 4730458. P. 25 – 31. DOI: 10.1109/SOSE.2008.8.
 12. Canfora G. Software evolution in the era of software services. [Proc. 7th International Workshop on Principles of Software Evolution, IWPE 2004]. Kyoto, Japan. 6-7 September 2004. P. 9 – 18.
 13. Zdun U. Reengineering to the Web: A reference architecture [Proc. of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering, CSMR 2002]. Budapest, Hungary. 11-13 March 2002. Article number 995801. P. 164 – 173. DOI: 10.1109/CSMR.2002.995801.
 14. Tilley S., Gerdes J., Hamilton T., Huang S., Müller H., Wong K. Adoption challenges in migrating to web services. [Proc. 4th International Workshop on Web Site Evolution, WSE 2002]. Montreal, Canada. 2 October 2002. Article number 1134086. P. 21 – 29. DOI: 10.1109/WSE.2002.1134086.
 15. Sreedevi E., Prasanth Y. Critical review on web services and legacy systems – And its migration // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. I. 7. P. 16321 – 16329.
 16. Kastner T. Concept to migrate an access based environmental information system into a Web-based front-end solution for the environmental management of a waste disposal company [Proc. 3rd International ICSC Symposium on Information Technologies in Environmental Engineering, ITEE 2007]. Oldenburg, Germany. 29-30 March, 2007. P. 559 – 566.
 17. Khalaf R., Keller A., Leymann F. Business processes for Web Services: Principles and applications // IBM Systems Journal, 2006. Vol. 45. I. 2. P. 425 – 446. DOI: 10.1147/sj.452.0425.
 18. Patel K., Ragha L. Survey and Analysis on Migration of Legacy System to Service Oriented Architecture // IOSR Journal of Computer Engineering, 2013. Vol. 9. I. 2. P. 32 – 35.
 19. Stroulia E., El-Ramly M., Sorenson P. From legacy to web through interaction modeling [Proc. IEEE International Conference on Software Maintenance 2002]. Montreal, Canada. 3-6 October, 2002. P. 320 – 329.
 20. Mijan J.L., Garrigos I., Firmenich S. Supporting personalization in legacy web sites through client-side adaptation. [Proc. 16th International Conference on Web Engineering, ICWE 2016]. Lugano, Switzerland. 6-9 June, 2016. P. 588 – 592. DOI: 10.1007/978-3-319-38791-8_54.
 21. Mao C.-Y., Lu Y.-S. A method for measuring the structure complexity of Web application // Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2006. Vol. 11. I. 1. P. 143 – 150. DOI: 10.1007/BF02831720.
 22. Rossi G., Schwabe D. Object-oriented design structures in Web application models // Annals of Software Engineering, 2002. Vol. 13. I. 1-4. P. 97 – 110. DOI: 10.1023/A:1016593309733.

Поступила 14 июня 2017 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2017. VOL. 60. No. 7, pp. 573–579.

WEB-TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION OF AUTOMATED INFORMATION-MODELING SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN METALLURGY

I.A. Gurin¹, V.V. Lavrov¹, N.A. Spirin¹, A.G. Nikitin²

¹Ural Federal University named after the first President of Russia
B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

²Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk

Abstract. The features of software of information systems for the work of engineering and technological staff at metallurgical enterprises are considered. The software includes automated workstations, decision support systems, information modeling systems, expert systems, etc. It is desktop applications written in high-level programming languages (Visual C#, Visual Basic, etc.). Processing of technological information coming from the enterprise database management server (DBMS) includes the need to solve a set of mathematical programming problems, systems of differential equations, problems of mathematical physics, etc. Such tasks cannot be solved with the help of a standard set of mathematical tools for general programming languages. So the development of information modeling systems is carried out by interacting with external software – Microsoft Excel and MATLAB. The interaction with Microsoft Excel is based on COM Interop technology, which assumes the installation of Microsoft Office software on each client computer. To interact with MATLAB, you must pre-assemble the library in the MATLAB Compiler environment and connect it to the program. The execution on the client computer is achieved by installing the freely distributed MATLAB

Runtime package. However, the functionality, availability, and cross-platform portability requirements for modern enterprise information systems cannot be met in desktop applications that use Windows Forms. This is due to the search for a new technology and means of creating information systems. The most rational is the technology for building web applications based on the ASP.NET MVC framework, which allows to transfer mathematical libraries, interaction modules with Microsoft Excel, MATLAB from Windows Forms without modification. The concept of the structure of a web application used in the development of software that meets modern requirements for the operation of information systems is presented. This concept suggests the availability of the following functional areas on the web page: logo and title of the current page, session status menu, functional menu, group operations, notifications and twospace.

Keywords: information system, software, architecture, web programming, math library, design, Windows Forms, ASP.NET MVC, MATLAB Runtime.

DOI: 10.17073/0368-0797-2017-7-573-579

REFERENCES

1. Spirin N.A., Lavrov V.V., Rybolovlev V.Yu. etc. *Matematicheskoe modelirovanie metallurgicheskikh protsessov v ASU TP* [Mathe-

- mathematical modeling of metallurgical processes in automated process control system]. Spirin N.A. ed. Ekaterinburg: UrFU, 2014, 558 p. (In Russ.).
2. Spirin N.A., Gileva L.Y., Lavrov V.V. Information modeling system for blast furnace control. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Proc. 19th International Scientific Conference on Metallurgy: Technologies, Innovation, Quality, Metallurgy 2015*. Novokuznetsk, 2016, vol. 150, issue 1.
 3. Spirin N.A., Lavrov V.V., Kosachenko I.E., Onorin O.P., Istomin A.S., Burykin A.A., Shchipanov K.A. Software for the raw-materials management system in blast-furnace smelting. *Metallurgist*. 2015, vol. 59, Issue 1, pp. 104–112.
 4. Lavrov V.V., Spirin N.A., Burykin A.A., Shchipanov K.A., Rybolovlev V.Y. Automatic control software for the blast-furnace shop. *Steel in Translation*, 2015, vol. 45, Issue 9, pp. 669–673.
 5. Lavrov V.V., Spirin, N.A. Automated information system for analysis and prediction of production situations in blast furnace plant. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Proc. 19th International Scientific Conference on Metallurgy: Technologies, Innovation, Quality, Metallurgy 2015*. Novokuznetsk, 2016, vol. 150, Issue 1.
 6. Ketkov Yu.L. *MATLAB 7: программирование, численные методы* [MATLAB 7: programming, numerical methods]. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005, 752 p. (In Russ.).
 7. Vyatkin V. Software engineering in industrial automation: state-of-the-art review. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2013, vol. 9, no. 3, pp. 1234–1249.
 8. Makdonal'd M. *WPF: Windows Presentation Foundation v .NET 4.0 s primerami na C# 2010 dlya professionalov* [WPF: Windows Presentation Foundation in .NET 4.0 with examples on C # 2010 for professionals]. Moscow: Vil'yams, 2011, 1024 p. (In Russ.).
 9. MacDonald Matthew. *Pro WPF in C# 2010: Windows Presentation Foundation with .NET 4.0*. Apress, 2010, 1181 p. (Russ.ed.: MacDonald M. *WPF: Windows Presentation Foundation v .NET 4.0 s primerami na C# 2010 dlya professionalov*. Moscow: Vil'yams, 2011, 1024 p.).
 10. Dimitrov B.H., Nenov H.B., Marinov A.S. Comparative analysis between methodologies and their software realizations applied to modeling and simulation of industrial thermal processes. In: *Proc. 36th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2013, Opatija; Croatia; 20-24 May 2013*. Article number 6596383, pp. 891–895.
 11. Amalfitano D., Fasolino A.R., Maggio V., Tramontana P., Di Mare G., Ferrara F., Scala S. Migrating legacy spreadsheets-based systems to Web MVC architecture: An industrial case study. In: *Proc. Software Evolution Week – IEEE Conference on Software Maintenance, Reengineering, and Reverse Engineering 2014, CSMR-WCRE 2014, Antwerp, Belgium. 3-6 February 2014*. Article number 6747201, pp. 387–390.
 12. Zhang B., Bao L., Zhou R., Hu S., Chen P. A black-box strategy to migrate GUI-based legacy systems to web services. SOSE 2008. In: *Proc. of the 4th IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering, Jhongli, Taiwan. 18-19 December 2008*. Article number 4730458, pp. 25–31.
 13. Canfora G. Software evolution in the era of software services. In: *Proc. 7th International Workshop on Principles of Software Evolution, IWPSE 2004, Kyoto, Japan. 6-7 September*, pp. 9–18.
 14. Zdun U. Reengineering to the Web: A reference architecture. In: *Proc. of the European Conference on Software Maintenance and Reengineering, CSMR 2002, Budapest, Hungary, 11-13 March 2002*. Article number 995801, pp. 164–173.
 15. Tilley S., Gerdes J., Hamilton T., Huang S., Müller H., Wong K. Adoption challenges in migrating to web services. In: *Proc. 4th International Workshop on Web Site Evolution, WSE 2002, Montreal, Canada, 2 October 2002*. Article number 1134086, pp. 21–29.
 16. Sreedevi E., Prasanth Y. Critical review on web services and legacy systems - And its migration. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015, vol. 10, Issue 7, pp. 16321–16329.
 17. Kastner T. Concept to migrate an access based environmental information system into a Web-based front-end solution for the environmental management of a waste disposal company. In: *Proc. 3rd International ICSC Symposium on Information Technologies in Environmental Engineering, ITEE 2007, Oldenburg, Germany, 29-30 March, 2007*, pp. 559–566.
 18. Khalaf R., Keller A., Leymann F. Business processes for Web Services: Principles and applications. *IBM Systems Journal*. 2006, vol. 45, Issue 2, pp. 425–446.
 19. Patel K., Ragha L. Survey and Analysis on Migration of Legacy System to Service Oriented Architecture. *IOSR Journal of Computer Engineering*. 2013, vol 9, Issue 2, pp. 32–35.
 20. Stroulia E., El-Ramly M., Sorenson P. From legacy to web through interaction modeling. In: *Proc. IEEE International Conference on Software Maintenance 2002, Montreal, Canada, 3-6 October, 2002*, pp. 320–329.
 21. Mijan J.L., Garrigos I., Firmenich S. Supporting personalization in legacy web sites through client-side adaptation. In: *Proc. 16th International Conference on Web Engineering, ICWE 2016, Lugano, Switzerland, 6-9 June, 2016*, pp. 588–592.
 22. Mao C.-Y., Lu Y.-S. A method for measuring the structure complexity of Web application. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*. 2006, vol. 11, Issue 1, pp. 143–150.
 23. Rossi G., Schwabe D. Object-oriented design structures in Web application models. *Annals of Software Engineering*. 2002, vol. 13, Issue 1-4, pp. 97–110.

Information about the authors:

I.A. Gurin, Postgraduate of the Chair “Thermophysics and Informatics in metallurgy” (ivan.gurin@urfu.ru)
V.V. Lavrov, Dr Sci. (Eng.), Professor of the Chair “Thermophysics and Informatics in metallurgy” (v.v.lavrov@urfu.ru)
N.A. Spirin, Dr Sci. (Eng.), Professor, Head of the Chair “Thermophysics and Informatics in metallurgy” (n.a.spirin@urfu.ru)
A.G. Nikitin, Dr Sci. (Eng.), Assist. Professor, Director of the Institute of Mechanical Engineering and Transport, Head of the Chair of Mechanics and Machine Engineering (dir.imit@mail.ru)

Received June 14, 2017

Над номером работали:

Леонтьев Л.И., *главный редактор*

Протопопов Е.В., *заместитель главного редактора*

Ивани Е.А., *заместитель главного редактора*

Башенко Л.П., *заместитель ответственного секретаря*

Потапова Е.Ю., *заместитель главного редактора по развитию*

Олендаренко Н.П., *ведущий редактор*

Неунывахина Д.Т., *ведущий редактор*

Расенец В.В., *верстка, иллюстрации*

Кузнецов А.А., *системный администратор*

Острогорская Г.Ю., *менеджер по работе с клиентами*

Подписано в печать 26.07.2017. Формат 60×90 ¹/₈. Бум. офсетная № 1.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10,5. Заказ 5807. Цена свободная.

Отпечатано в типографии Издательского Дома МИСиС.
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, 4.
Тел./факс: (499) 236-76-17, 236-76-35

IZVESTIYA

FERROUS METALLURGY

OPTIMIZATION OF MODIFYING MATERIAL DISTRIBUTION DURING LASER PROCESSING OF THE METAL SURFACE

INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE CALIBRATION PROCESS ON BENDING STIFFNESS OF STEEL ROD

MATHEMATICAL MODELING OF BALLS ROLLING

CONTINUOUS CASTING AND DEFORMATION INSTALLATION FOR THE PRODUCTION OF STEEL PLATES FOR WELDED PIPES. REPORT 2

CLASSIFICATION OF PROTECTION DEVICES OF JAW CRUSHERS

METALLOGRAPHIC INVESTIGATIONS OF QUALITY OF WELDING SEAM OBTAINED BY SILICOMANGANESE SLAG FLUX WELDING

INFLUENCE OF RELAXATION PROCESSES ON MECHANICAL STRESS SHIFTS IN AMORPHOUS AND NANOCRYSTALLINE RIBBON ALLOYS AT ELECTROPULSE EXPOSURE

CARBON REDISTRIBUTION UNDER DEFORMATION OF STEELS WITH BAINITE AND MARTENSITE STRUCTURES

STRAIN HARDENING OF MONOCRYSTALS OF ALLOY FCC AT MESOLEVEL

THERMODYNAMIC JUSTIFICATION OF OPPORTUNITY OF USING HIGH-TEMPERATURE COMBUSTION FLANKS FOR OXIDATION OF MELT IMPURITIES IN AGGREGATES OF CONVERTER TYPE. REPORT 1. THERMODYNAMIC ANALYSIS OF PROCESSES IN COMBUSTION FLAME WHEN USING NATURAL GAS

PROCEDURES FOR STAGE PROCESSING OF IRON-ORE WASTES IN INDUSTRIAL MINING AREAS

WEB-TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION OF AUTOMATED INFORMATION-MODELING SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN METALLURGY